

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

Институт – Физико-технический
Направление подготовки – Ядерные физика и технологии
Кафедра – Прикладная физика

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Изучение влияния условий размещения на содержание химических элементов в эпифитном мхе

УДК 551.510.42:546.3:504.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А3Б	Султаналиева Лайли Асхатовна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ПФ	Рыжакова Н.К.	к. ф.-м. н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. менеджмента	Меньшикова Е.В.	к. ф. н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ПФ	Гоголева Т.С.	к. ф.-м. н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ПФ ФТИ	Вагнер А.Р.	к. ф.-м. н.		

Томск – 2017 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Общекультурные компетенции	
Р1	Демонстрировать культуру мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения; стремления к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства; владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыки работы с компьютером как средством управления информацией; способность работы с информацией в глобальных компьютерных сетях.
Р2	Способность логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь; критически оценивать свои достоинства и недостатки, намечать пути и выбирать средства развития достоинств и устранения недостатков.
Р3	Готовностью к кооперации с коллегами, работе в коллективе; к организации работы малых коллективов исполнителей, планированию работы персонала и фондов оплаты труда; генерировать организационно-управленческих решения в нестандартных ситуациях и нести за них ответственность; к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений; осуществлению и анализу исследовательской и технологической деятельности как объекта управления.
Р4	Умение использовать нормативные правовые документы в своей деятельности; использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, анализировать социально-значимые проблемы и процессы; осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности.
Р5	Владеть одним из иностранных языков на уровне не ниже разговорного.
Р6	Владеть средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, готов к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
Профессиональные компетенции	
Р7	Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.
Р8	Владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий; И быть готовым к оценке ядерной и радиационной безопасности, к оценке воздействия на окружающую среду, к контролю за соблюдением экологической безопасности, техники безопасности, норм и правил производственной санитарии, пожарной, радиационной и ядерной безопасности, норм охраны труда; к

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям, требованиям безопасности и другим нормативным документам; за соблюдением технологической дисциплины и обслуживанию технологического оборудования; и к организации защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок как коммерческой тайны предприятия; и понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны).
P9	Уметь производить расчет и проектирование деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования; разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформление законченных проектно-конструкторских работ; проводить предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов установок и приборов.
P10	Готовность к эксплуатации современного физического оборудования и приборов, к освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новых материалов, приборов, установок и систем; к наладке, настройке, регулировке и опытной проверке оборудования и программных средств; к монтажу, наладке, испытанию и сдаче в эксплуатацию опытных образцов приборов, установок, узлов, систем и деталей.
P11	Способность к организации метрологического обеспечения технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции; и к оценке инновационного потенциала новой продукции.
P12	Способность использовать информационные технологии при разработке новых установок, материалов и приборов, к сбору и анализу информационных исходных данных для проектирования приборов и установок; технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций; к составлению отчета по выполненному заданию, к участию во внедрении результатов исследований и разработок; и проведения математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований.
P13	Уметь готовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа; использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области; и выполнять работы по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов;
P14	Готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	анализу результатов; анализу затрат и результатов деятельности производственных подразделений; к разработки способов применения ядерно-энергетических, плазменных, лазерных, СВЧ и мощных импульсных установок, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических, технологических и медицинских проблем.
P15	Способность к приемке и освоению вводимого оборудования, составлению инструкций по эксплуатации оборудования и программ испытаний; к составлению технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы, оборудование), а также установленной отчетности по утвержденным формам; и к организации рабочих мест, их техническому оснащению, размещению технологического оборудования.

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

Институт физико-технический
Направление подготовки 14.03.02 Ядерная физика и технологии
Кафедра прикладная физика

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) Вагнер А.Р.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
0АЗБ	Султаналиевой Лайли Асхатовне

Тема работы:

Изучение влияния условий размещения на содержание химических элементов в эпифитном мхе

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

05.06.2017

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Образцы мха <i>Pylaisia polyantha</i> Концентрации химических элементов в пробах мха, определенные НАА
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1) Обзор литературы по методикам техники «мох – мешок»; 2) Разработка методики по трансплантации эпифитных мхов; 3) Изучение физических основ и методов НАА; 4) Подготовка образцов мха к измерениям методом НАА; 5) Обработка результатов измерения; 6) Анализ результатов исследования.

Перечень графического материала		Электронная презентация в Power Point
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы		
Раздел	Консультант	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Меньшикова Е.В.	
Социальная ответственность	Гоголева Т.С.	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:		

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ПФ	Рыжакова Н.К.	к.ф. –м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А3Б	Султаналиева Л.А.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
0А3Б	Султаналиевой Лайли Асхатовне

Институт	ФТИ	Кафедра	ПФ
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	Ядерные физика и технологии/ Физика атомного ядра и частиц

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно – правовых документах
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценочная карта конкурентных технических решений
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Иерархическая структура работ
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	SWOT – анализ

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	10.04.17
--	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. менеджмента	Меньшикова Е.В.	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А3Б	Султаналиева Л.А.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
0А3Б	Султаналиевой Л.А.

Институт	ФТИ	Кафедра	ПФ
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	Ядерные физика и технологии/ Физика атомного ядра и частиц

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны) на предмет возникновения:	– вредных проявлений факторов производственной среды (микроклимат, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующее излучение); – опасных проявлений факторов производственной среды (электрической, пожарной и взрывной природы).
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	– электробезопасность; – пожаровзрывобезопасность; – требования охраны труда при работе на ПЭВМ.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	– действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (коллективные и индивидуальные).
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	10.04.2017
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ПФ	Гоголева Т.С.	к.ф. –М.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А3Б	Султаналиева Л.А.		

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

Институт физико-технический
Направление подготовки 14.03.02 Ядерные физика и технологии
Кафедра прикладная физика
Период выполнения весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2017
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.04.17	Составление и утверждение технического задания	5
20.04.17	Подбор и изучение материалов по теме	10
25.04.17	Выбор направления изучения	5
15.05.17	Проведение математической обработки данных	40
25.05.17	Анализ и описание результатов	30
31.05.17	Подготовка к защите ВКР	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ПФ	Рыжакова Н.К.	к.ф. -м.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ПФ	Вагнер А.Р.	к.ф. -м.н.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 84 страниц, 9 рисунков, 18 таблиц, 25 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха, тяжелые металлы, активный биомониторинг, мхи – биоиндикаторы, мох *Pylaisia polyantha*, нейтронно – активационный анализ, непараметрические методы сравнения, критерий Крускала – Уиллиса, критерий Манна – Уитни.

Объектом исследования является содержание химических элементов в атмосферном воздухе города Томска.

Целью работы является разработка метода активного биомониторинга с помощью мха *Pylaisia polyantha*, в том числе изучение влияния ориентации трансплантатов на содержание химических элементов и особенностей накопления химических элементов за период экспозиции.

В процессе выполнения работы изучена иностранная литература по методу активного биомониторинга, произведен отбор образцов мха *Pylaisia polyantha*, изготовлены и размещены на исследуемой территории планшеты, выполнен нейтронно – активационный анализ, проведена обработка полученных результатов с помощью непараметрических методов сравнения.

В результате исследования получены значения концентраций химических элементов, сделаны выводы о влиянии ориентации трансплантатов относительно основных источников загрязнения, изучены особенности накопления химических элементов.

Выпускная квалификационная работа выполнена на кафедре «Прикладной физики» ФТИ ТПУ.

Работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2015 с применением пакета Microsoft Excel 2015.

Оглавление

Введение	13
1 Аналитический обзор литературы по методу активного биомониторинга	16
2 Методы исследования	24
2.1 Метод активного биомониторинга на основе эпифитного мха <i>Pylaisia polyantha</i>	24
2.2 Нейтронно – активационный анализ.....	25
2.3 Гамма – спектрометрия	29
2.4 Расчет концентраций химических элементов	32
2.5 Статистические методы обработки	33
2.5.1 Статистика Крускала – Уоллиса.....	33
2.5.2 Критерий Манна – Уитни	34
3 Планирование и проведение эксперимента.....	36
3.1 Сбор образцов	36
3.2 Изготовление планшетов	36
3.3 Размещение планшетов и время экспозиции	37
3.4 Подготовка образцов мха к НАА	38
4 Результаты измерений и их анализ	40
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	45
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	45
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	45
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений	46
5.1.3 SWOT – анализ.....	47

5.2	Планирование научно – исследовательской работы	49
5.2.1	Структура работ в рамках научного исследования	49
5.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ	50
5.2.3	Разработка графика проведения научного исследования	53
5.2.4	Бюджет научно – технического исследования (НТИ).....	55
5.2.5	Расчет материальных затрат НТИ	56
5.2.6	Основная заработная плата исполнителей темы	57
5.2.7	Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	59
5.2.8	Отчисления во внебюджетные фонды	59
5.2.9	Накладные расходы	60
5.2.10	Формирование бюджета затрат проекта.....	61
5.3	Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	61
6	Социальная ответственность	65
6.1	Анализ опасных и вредных производственных факторов	66
6.2	Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ	67
6.2.1	Организационные мероприятия	67
6.2.2	Технические мероприятия	68
6.2.3	Условия безопасной работы	69
6.2.4	Электробезопасность	72
6.2.5	Пожарная и взрывная безопасность.....	73
	Заключение	75
	Список используемых источников.....	77
	Приложение А Результаты измерения концентраций химических элементов...	80
	Приложение Б Содержание химических элементов в образцах мха.....	83

Введение

В настоящее время одной из основных проблем, стоящих перед человечеством, является загрязнение окружающей среды токсичными веществами. Среди всех загрязнителей атмосферы наиболее пагубное влияние оказывают тяжёлые металлы из-за их способности накапливаться в живых организмах. Избыточная аккумуляция тяжёлых металлов в почве, подземных водах и живых организмах приводит к замедлению роста деревьев и сельскохозяйственных культур, а также к повышению уровня тяжёлых металлов в пищевых цепях, конечным звеном которых является человек. Для оценки экологической ситуации, помимо объемов выбросов токсичных веществ, необходимо знать их качественный состав и содержание наиболее токсичных элементов [1].

Известные методы определения содержания химических элементов в атмосферном воздухе включают изучение атмосферных осадков (снежного покрова или дождевых осадков). Данные методы обладают рядом недостатков, снег позволяет проводить исследования только зимой, а влажные осадки не учитывают сухое осаждение аэрозольных частиц, которые содержат тяжелые металлы. В связи с этим в настоящее время стали широко использовать методы, основанные на ответных реакциях растений на техногенное воздействие. В таком случае говорят о биомониторинге окружающей среды.

Биомониторинг – постоянный контроль за состоянием окружающей среды. Часто в качестве синонима биомониторинга употребляется термин биоиндикация – комплексная оценка интенсивности и последствий длительного загрязнения окружающей среды [2]. Для проведения биомониторинга необходимо использование информативных биологических объектов, называемых биоиндикаторами [3]. Различают пассивный и активный биомониторинг. Пассивный биомониторинг заключается в анализе растений, произрастающих в естественной среде. При длительном наблюдении методы пассивного биомониторинга позволяют делать прогнозы о дальнейшем

направлении изменений в экосистеме. Активный биомониторинг используется в тех случаях, когда на исследуемой территории не произрастают биоиндикаторы. В таком случае используются планшетные методы индикации загрязнения. Планшеты или капсулы с индикаторными растениями размещаются на исследуемой территории на определенное время. После экспозиции химический состав в пробах сравнивается с контрольными пробами, полученными для чистых территорий [2].

Морфологические и физиологические свойства мхов наряду с их широкой распространенностью делают их хорошими биоиндикаторами. Мхи эффективно аккумулируют большинство тяжелых металлов и другие микроэлементы из воздуха и осадков. Использование мхов в качестве биоиндикаторов началось более 40 – а лет назад. В европейских странах в основном используются лесные наземные мхи (*Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Hylocomium splendens* (Hedw.) B.S.G., *Hypnum cupressiforme* (Hedw.) и *Scleropodium purum* (Hedw.)). При использовании перечисленных видов нельзя исключать влияние почвы на аккумуляцию загрязняющих веществ. Более того, данные виды не позволяют оценить уровень загрязнения урбанизированной территории. Следует отметить эпифитные мхи, которые обитают на коре деревьев и не контактируют с почвой, следовательно влияние почвы на содержание загрязнителей будет незначительно. Эпифиты обладают высокой аккумуляционной способностью к различным атмосферным загрязнителям, широко распространены и могут быть использованы для изучения загрязнения атмосферы промышленных центров и населенных пунктов [4].

В проведенных ранее на кафедре ПФ ФТИ исследованиях [5] по загрязнению атмосферного воздуха города Томска использован пассивный метод биоиндикации с помощью эпифитных мхов *Pylaisia polyantha*. Однако, неравномерность произрастания деревьев и соответственно мест обитания мха не позволило провести систематическое исследование всей территории города Томска. В соответствии с этим решено развивать метод активного биомониторинга с помощью данного вида мха. Необходимо отметить, что в

последние годы метод активного биомониторинга с помощью наземных мхов широко применяется в странах Европы для изучения загрязнения атмосферного воздуха урбанизированных территорий.

Целью работы является разработка метода активного биомониторинга с помощью мха *Pylaisia polyantha*, в том числе изучение влияния ориентации трансплантатов на содержание химических элементов и особенностей накопления химических элементов за период экспозиции.

Были поставлены следующие задачи:

1. Обзор литературы по методу активного биомониторинга.
2. Изучение основ нейтронно – активационного анализа и гамма – спектрометрии.
3. Изучение статистических методов обработки результатов измерений.
4. Экспедиционные работы по отбору мхов для исследования.
5. Разработка методики размещения мхов – трансплантатов.
6. Подготовка планшетов и их размещение на коре тополей и берез.
7. Сбор планшетов и пробоподготовка мхов к измерениям нейтронно – активационным анализом.
8. Обработка результатов измерения и их анализ.

1 Аналитический обзор литературы по методу активного биомониторинга

Мхи уже долгое время используются в качестве биоиндикаторов для биомониторинга окружающей среды. Существует пассивный и активный биомониторинг. Пассивный биомониторинг заключается в анализе растений, произрастающих в естественной среде обитания. При длительном наблюдении методы пассивного биомониторинга позволяют делать прогнозы о дальнейшем направлении изменений в экосистеме. Мхи также используют для изучения атмосферного загрязнения урбанизированных территорий. Однако, в большинстве случаев наблюдается отсутствие мхов – биоиндикаторов на исследуемой территории, или их количества недостаточно для проведения оценок. Тогда применяют методы активного биомониторинга, когда мох трансплантируют на исследуемую территорию. Метод трансплантации мхов представлен в 1971 году в работе [6]. Суть техники заключается в размещении образцов мха на исследуемой территории на определенный срок с последующим определением концентраций химических элементов, накопленных за время экспозиции [7].

К преимуществам данной техники можно отнести следующее:

- Хорошо известно время экспозиции;
- Можно определить начальные концентрации химических элементов в образцах;
- Гибкость в выборе участка размещения планшетов и их количества[8].

В числе недостатков данного метода необходимо отметить, что не существует единого стандартизированного протокола действий. В разных исследованиях с применением трансплантатов используют различные виды мхов, отличаются предварительная обработка образцов и способ их размещения. Также существует произвол в длительности экспозиции и в дополнительных процедурах, проводимых в этот период. Помимо этого, во время экспозиции

наблюдается потеря части мха из – за осыпания мха или вандализма. На результаты исследований влияет множество различных факторов, в том числе:

1. вид мха;
2. условия размещения мха;
3. густота ячеек сетки;
4. методы подготовки мха;
5. обращение с образцами мха во время экспозиции.
6. время экспозиции [8].

Чаще всего для активного биомониторинга используют технику «мох – мешок», когда образцы мха помещают в сетчатые мешки и в дальнейшем развешивают на исследуемой территории. Иногда мох раскладывают на планшетах, применяя специальные устройства для их крепления.

В качестве материалов для мешков в основном используют нейлоновые сети, гораздо реже сети из полипропилена и полиэтилена. Выбор материала обуславливается доступностью, а также отсутствием биологического взаимодействия с образцами мха. При выборе размера ячейки сетки возможны две крайности. При больших ячейках мох будет осыпаться и выпадать из сетки, при очень малых размерах ячейки сетка будет нести экранирующий эффект. В большинстве случаев выбирают сетку с размером ячейки порядка 1,5 – 2 мм. Обзор литературы показывает, что экспериментальные данные по влиянию размеров ячеек и толщины нитей сети отсутствуют.

Изучение влияния вида мха на результаты измерений проведено в работе [9] на примере двух распространенных мхов – *Sphagnum girgensohnii* Russ. и *Hypnum cupressiforme* Hedw. Результаты показали, что выбранные виды мха не могут взаимозаменить друг друга, в силу того, что концентрации химических элементов в пробах мха *S. girgensohnii* значительно превышают концентрации в пробах *H. cupressiforme* (исключение – Cu). Таким образом в работе подтверждены хорошие аккумуляционные способности мха вида *Sphagnum*, который наиболее часто используется в качестве биоиндикатора в европейских исследованиях. По частоте использования далее идут *Hypnum cupressiforme*

Hedw., *Pseudoscleropodium purum* (Hedw.) Fleish [1964, с 145]. Основной причиной популярности вышеперечисленных видов наземных мхов можно считать широкую распространенность их на территориях, где проводились исследования.

Методы пробоподготовки, использованные в различных исследованиях, значительно отличаются. В большинстве случаев отобранный мох промывают дистиллированной или деионизированной водой с целью очистки от примесей [9, 10]. В некоторых работах после промывания мох подвергали дополнительной обработке для его умерщвления с помощью высоких температур либо обработки кислотами [11]. В исследовании [12] провели сравнение двух групп трансплантатов: в одной группе использовали сухой мох, в другой – увлажненный. В этой работе использовали наземный мох *Pseudoscleropodium purum* Hedw. Одна часть образцов мха была промыта дважды дистиллированной водой и помещена в плоские мешки площадью 400 см² из стекловолокна (размер ячейки 2 мм) по 1 г. Мох располагали равномерно, и плотность составила 2,5 мг/см². Материал для мешков был предварительно обработан кислотой для удаления каких либо загрязнителей. Мешки дополнительно были прошиты нейлоновой нитью, а затем помещены в печь при температуре 120°C на 24 часа для умерщвления мха. Образцы мха из второй части были пришиты на пластиковую сетку (размер ячейки 0,7 см) и промыты 3 раза дистиллированной и дважды дистиллированной водой с целью удалить примеси. Далее были отмерены порции по 5 г., которые поместили на капиллярный мат на крышке пластикового контейнера, наполненного дистиллированной водой. Концы капиллярного мата были помещены в контейнер для поддержания определенного уровня влажности мха. Вся конструкция была покрыта пластиковой сетью (размер ячейки 0,5 см). Эксперимент проводился в течение 4 – х месяцев, «мешки» снимали каждые 4 недели. Мешки с увлажненным мхом – контейнеры – требовали дополнительной проверки уровня дистиллированной воды. Концентрации химических элементов в образках мха были определены с помощью пламенной атомно – абсорбционной спектроскопии (ААС). В случае,

когда концентрации были ниже предела определения, использовали ААС с графитовой печью. Результаты показали, что практически для всех определяемых элементов, кроме Hg, концентрации были выше в трансплантатах с умерщвленным мхом чем с увлажненным (рисунок 1.1). При этом отмечается, что оба вида трансплантатов аккумулируют одни и те же загрязнители. Полученные результаты объяснили несколькими причинами. Во – первых, различное положение трансплантатов (горизонтальное – увлажненный мох, вертикальное - умерщвленный мох). Во – вторых, дополнительная удерживающая сеть для увлажненного мха могла сыграть роль экрана. Далее, сухой мох обеспечивает большую эффективную площадь поверхности для осаждения из – за присутствия как открытых листьев, так и побегов. Два последних аргумента достаточно сомнительны, т.к. умерщвлённый мох помещали в сеть с более мелкими ячейками, чем защитная сеть для увлажненного мха; листья и побеги имеются как у увлажненного мха, так и у умерщвлённого мха.

Авторы к преимуществам умерщвленного мха относят отсутствие метаболизма, со ссылкой на работу [13], в которой результаты показали влияние прироста мха в течение экспозиции. Но при этом в своей работе не учитывали подобную тенденцию для увлажненного мха. Возможно полученные в работе результаты объясняются увеличением массы мха за счет прироста.

Полученный концентрации химических элементов в обоих типах трансплантатов также сравнивали с концентрациями элементов, полученных с помощью атмосферных осадков. Значительных корреляций не было найдено.

В некоторых работах развешанные мешки подвергались дополнительным процедурам. В исследовании [8] мешки каждую неделю смачивали дистиллированной водой для поддержания мха *Sphagnum girgensohnii* Russ. во влажном состоянии. Таким образом эта процедура усложняла методику «мох – мешок». К сожалению, нельзя сказать, насколько влияет эта процедура на результаты, так как на исследуемой территории не проводились работы в данной технике без дополнительного смачивания мха.

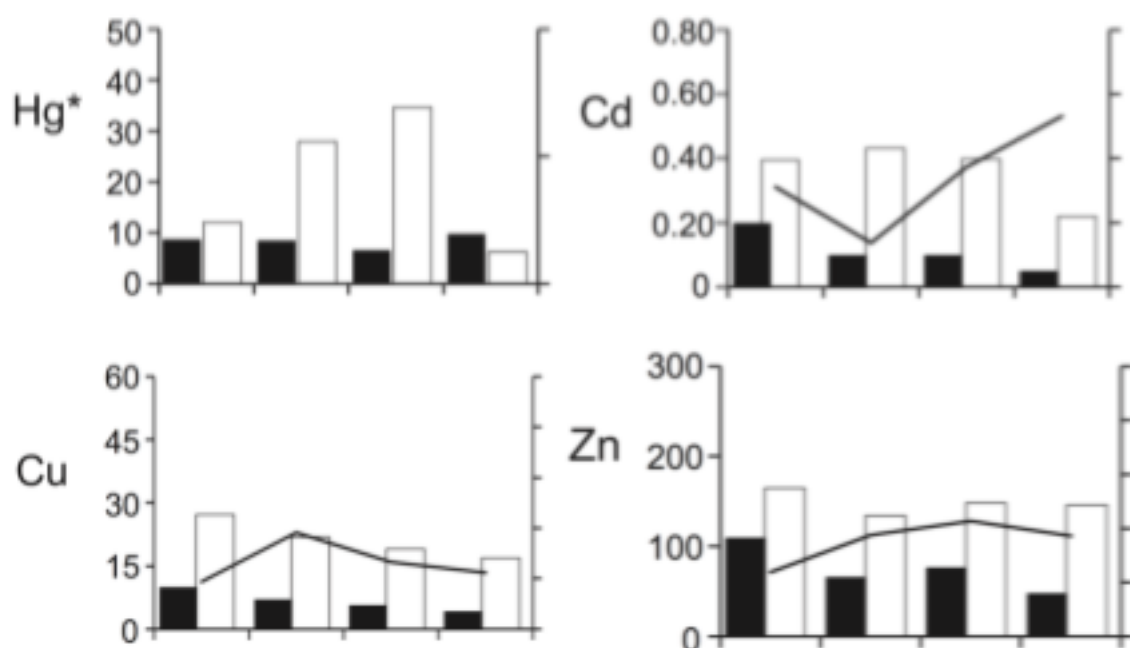


Рисунок 1.1 – Зависимость концентраций химических элементов (Cd, Cu, Zn – мг/г, Hg – нг/г) от периода экспозиции. Белым отмечены концентрации в умерщвленном мхе, черным – в увлажненном мхе, сплошной линией – в осадениях (кг/га)

Влияние смачивания изучали в работе [14]. В качестве биоиндикатора был выбран наземный мох *Sphagnum girgensohnii*, который был очищен и помещен в нейлоновый мешки размером 10x10 см (размер ячейки – 1 мм) в количестве 3 г. Мешки были развешаны на исследуемой территории по 2 штуки в каждой точке. В течение экспозиции половина мешков смачивалась дистиллированной водой с помощью целлюлозных губок и контейнеров с водой. Период экспозиции составил 3 и 6 месяцев. Содержание химических элементов определяли с помощью нейтронно – активационного анализа на тепловых нейтронах. Для элементов Al, Cl, Fe, An и Sr было выявлено более высокое содержание в увлажненных образцах мха, по сравнению с сухими образцами в течение всего периода экспозиции (рисунок 1.2).

Авторами работы [14] сделан вывод о том, что увлажнение мха в течение экспозиции способствует улучшению аккумуляционных способностей для Al, Cl, Fe, An и Sr. Содержание элементов Mn, Se и Br в обоих типах образцов было примерно одинаковое в пределах погрешности.

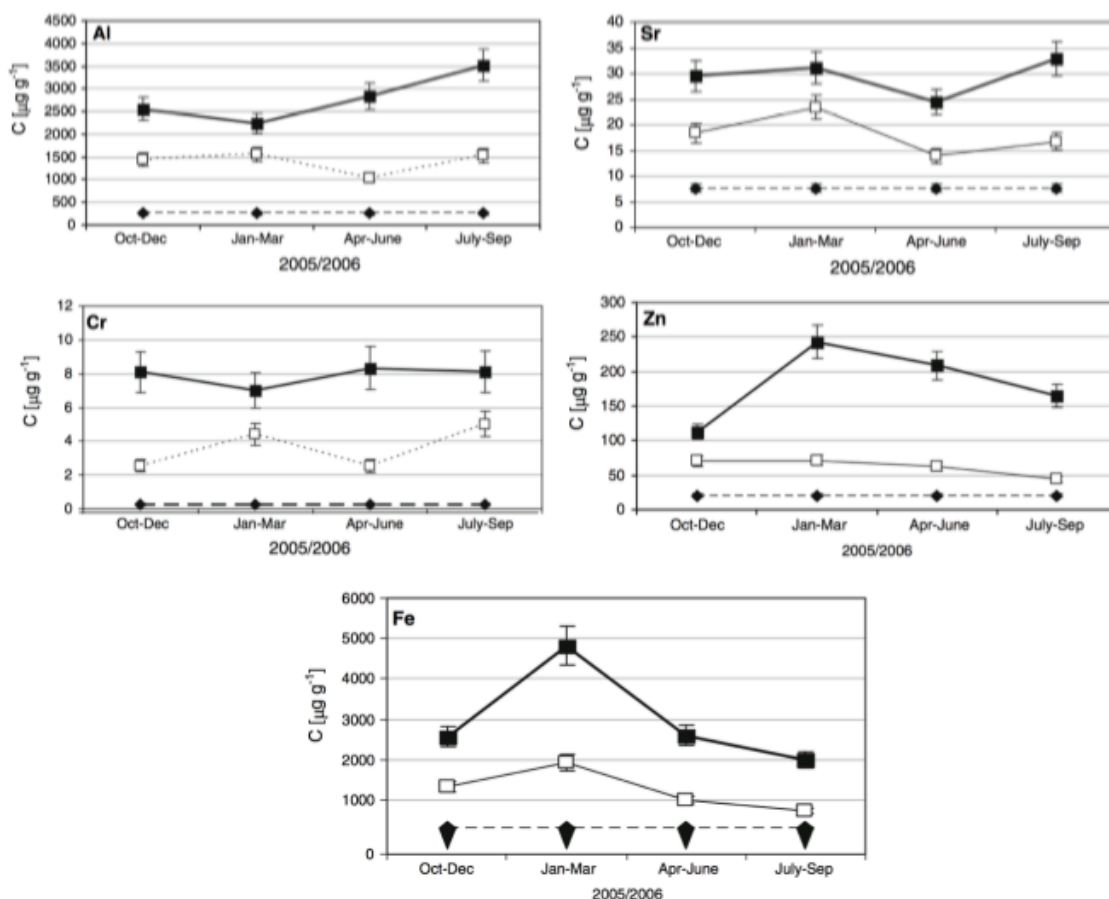


Рисунок 1.2 – Содержание химических элементов в пробах мха в зависимости от периода экспозиции. Ромбами отмечены тестовые образцы, белыми квадратами – образцы с сухим мхом, черными квадратами – образцы с увлажненным мхом.

Время экспозиции при использовании активного биомониторинга составляет в основном от 1 до 4-5 месяцев. В некоторых работах отслеживают зависимость концентраций химических элементов от длительности экспозиции. Так в работе [8] использовали трансплантаты с наземным мхом *Sphagnum girgensohnii*, который помещали в мешки без обработки. Мешки висели 30, 90 и 150 дней. Концентрации химических элементов определяли с помощью пламенной ААС. Результаты показали, что концентрации большинства элементов с увеличением времени экспозиции возрастали. Но при этом выявлены элементы (К, Р, As, U и Мо), для которых концентрации в тестовом образце оказались выше, чем в образцах после экспозиции (рисунок 1.3).

Причиной авторы обозначили возможность более высокого содержания этих элементов на фоновой территории по сравнению с исследуемой. Такая аргументация вызывает сомнения, так как для накопленных на фоновой территории элементов концентрации должны, по крайней мере, не изменяться.

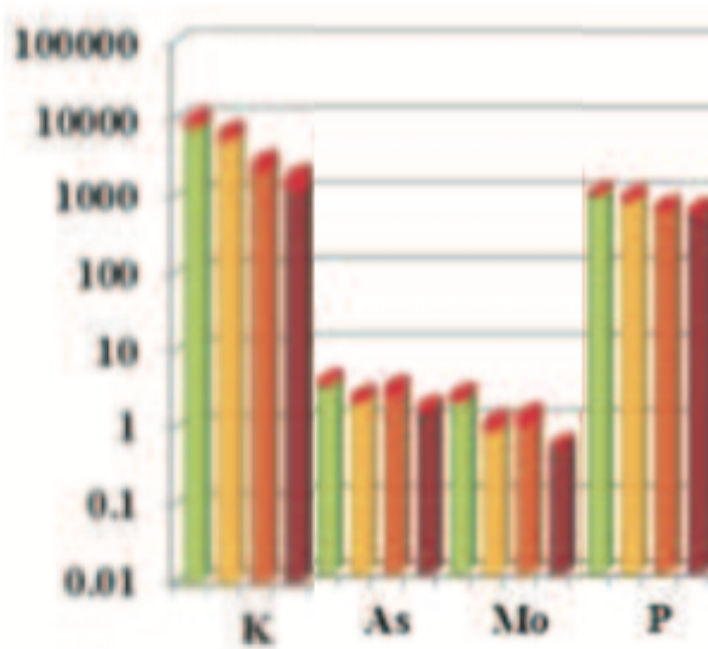


Рисунок 1.3 – Содержание химических элементов (мг/кг) в пробах мха в зависимости от периода экспозиции. Зеленый цвет соответствует тестовому образцу, остальные соответственно – 30, 90 и 150 дней.

Для элементов As и Mo отмечено, что в период экспозиции между 30 и 90 днями наблюдалось увеличение концентраций, а затем уменьшение концентраций к 150 дню (рисунок 1.3). Такую динамику авторы объяснили тем, что выбросы этих элементов связаны с процессами горения топлива, и уменьшение концентраций связано с уменьшением этих выбросов в атмосферу в летний период. Подобную динамику можно заметить на рисунке 1.1 в исследовании [12], но обсуждений на эту тему не было проводилось. Неясным остается вопрос о причинах уменьшения концентраций некоторых элементов с увеличением периода экспозиции.

Из приведенного обзора видно, что вид мха несомненно влияет на результаты исследования, так как разные виды мха обладают различными

аккумуляционными способностями. При этом выбор мха для биомониторинга в большинстве случаев обуславливается наличием его на исследуемой территории или вблизи ее. Дальнейшие процедуры во всех исследованиях отличаются, но практически во всех работах мох предварительно очищают. Также можно сказать, что период экспозиции остается величиной переменной, так как на аккумуляцию загрязнителей мхами могут влиять время года и метеорологические условия. Не выявлены причины уменьшения концентраций некоторых элементов с увеличением периода экспозиции.

Отдельно следует рассмотреть способы размещения мешков или планшетов в период экспозиции. В работе [7] авторы отмечают, что при использовании плоских планшетов необходимо учитывать их расположение мешков относительно земли: вертикальное и горизонтальное. Чаще всего плоские трансплантаты располагаются вертикально, что позволяет захватывать загрязнители от горизонтального потока ветра. Горизонтально расположенные трансплантаты накапливают загрязнители от гравитационного осаждения и влажных осадков. Расположение вертикальных трансплантатов относительно источников загрязнения редко упоминается в работах, поэтому необходимы дальнейшие исследования для изучения аккумуляционных способностей мхов в зависимости от расположения трансплантатов.

В заключение можно отметить, что метод трансплантации мха является очень перспективным для изучения загрязнения атмосферного воздуха тяжелыми металлами урбанизированных территорий. При этом остается ряд вопросов, требующих дальнейшего изучения: обработка мха перед размещением на исследуемой территории, оптимальное время экспозиции.

2 Методы исследования

2.1 Метод активного биомониторинга на основе эпифитного мха *Pylaisia polyantha*

На кафедре ПФ Томского Политехнического Университета проводят исследования загрязнения атмосферного воздуха с использованием эпифитных мхов *Pylaisia polyantha*. В работе [4] было показано, что эпифитные мхи являются оптимальными индикаторами для биомониторинга, так как данный вид мха широко распространен в природе, отличается значительной аккумуляционной способностью, и самое главное, его можно применять для изучения загрязнения атмосферного воздуха урбанизированных территорий. Еще одним преимуществом эпифитов является тот факт, что они обитают на коре деревьев, т.е. не соприкасаются с почвой, следовательно, на них практически не сказывается ее гетерогенный химический состав.

При изучении атмосферного воздуха города Томска при помощи метода пассивного биомониторинга на кафедре ПФ столкнулись с трудностью, обусловленную неравномерностью произрастания деревьев по территории и, соответственно, мест обитания мха. Это не позволило провести систематическую оценку атмосферного воздуха на всей территории города. В связи с этим разрабатывается метод активного биомониторинга на основе эпифитного мха *Pylaisia polyantha*. Выбор мха обуславливается достоинствами этого вида, перечисленными ранее, а также тем фактом, что эпифиты могут сохранять жизнедеятельность за период экспозиции. Данной обстоятельство является существенным преимуществом использования эпифитных мхов для активного биомониторинга. Из приведенного в разделе 1 обзора литературы видно, что поддержание жизнедеятельности напочвенных мхов, которые широко используются за рубежом, является трудоемким и требует дополнительных устройств. Разработка метода биомониторинга на основе эпифитных мхов

предполагает разработку методик пробоотбора мхов; методик изготовления планшетов; методик размещения мхов на коре деревьев.

В данной работе изучается влияние ориентации трансплантатов относительно основных источников загрязнения. В ходе работы отрабатывалась также методика изготовления планшетов и крепления их на коре деревьев.

2.2 Нейтронно – активационный анализ

Для измерения концентраций химических элементов в образцах мха наиболее подходящим методом является активационный анализ, из – за высокой чувствительности для большого числа элементов. Активационный анализ – аналитический метод определения качественного и количественного состава исследуемых объектов путем измерения радиоактивного излучения ядер, возбуждаемых в процессе индуцированных ядерных превращений. Можно использовать как излучение возбужденных ядер, испускаемое практически в момент взаимодействия, так и излучение образовавшихся радиоактивных изотопов.

Существует несколько методов активационного анализа: абсолютный и относительный. При использовании абсолютного метода активность образовавшегося радиоактивного изотопа определяется по формуле:

$$A = N_a \frac{mk\sigma F_0}{A_B} \left(1 - \exp \left(-\frac{\ln 2 t_1}{T_{1/2}} \right) \right) \exp \left(-\frac{\ln 2 t_2}{T_{1/2}} \right), \quad (2.1)$$

где m – количество определяемого элемента, г;

k – относительное содержание активируемого изотопа в элементе;

σ – эффективное сечение ядерной реакции, см²;

F_0 – интенсивность потока бомбардирующих частиц, частиц/(см²·сек);

t_1 – время облучения, сек;

t_2 – время после окончания активации, сек;

A_B – атомный вес элемента, из которого образуется радиоактивный изотоп;

$T_{1/2}$ – период полураспада образующегося изотопа, сек.

Этот метод дает правильные результаты при условии постоянства интенсивности потока ядерных частиц в течение всего периода облучения и во всем объеме мишени. Из – за трудности соблюдения вышеперечисленных условий у абсолютного метода ошибка определения активности достигает 40 – 50%, поэтому этот метод используют редко. На практике чаще используют относительный метод, в котором одновременно с исследуемым образцом облучению подвергается один или несколько эталонов с известным содержанием определяемого элемента. Затем измеряется активность и в образцах, и эталонах при одинаковых условиях. В этом случае содержание химического элемента определяется из соотношения:

$$\frac{m_x}{m_э} = \frac{A_x}{A_э}, \quad (2.2)$$

где m_x и $m_э$ – содержание элемента в анализируемом образце и эталоне, г;

A_x и $A_э$ – активность элемента в анализируемом образце и эталоне, измеренные за один и тот же промежуток времени, Бк. Точность данного метода порядка 10%.

В активационном анализе используют возбуждение стабильны ядер определяемых элементов при облучении анализируемых материалов потоками ядерных частиц и γ – квантов. Чаще всего используют нейтронно – активационный анализ (НАА). Нейтроны образуются при различных ядерно-физических процессах, многие из которых предложено использовать в качестве источников для активационного анализа.

К преимуществам НАА относятся:

- высокая чувствительность для большинства элементов, особенно для тяжелых металлов с $Z > 10$;
- хорошая селективность, связанная со специфичностью ядерно – физически характеристик элементов;
- возможность одновременного определения большого числа элементов;

- независимость результатов анализа от вида химических соединений элементов;
- неdestructивный характер анализа и, следовательно, отсутствие риска загрязнений реактивами или неполного растворения образцов;
- простота процедуры подготовки образцов для анализа;
- хорошая точность порядка $\pm(10-15)\%$ при определении содержаний порядка 10^{-6} г.

К недостаткам НАА относятся прежде всего необходимость использования ядерных реакторов, а также проблемы, связанные с хранением и утилизацией радиоактивных отходов.

Нейтрон – элементарная частица, не имеющая электрический заряд. Отсутствие заряда обуславливает то, что нейтроны не взаимодействуют с электронными оболочками атомов и не отталкиваются кулоновским полем ядра. Поэтому нейтроны могут проникать в ядра даже при низких энергиях.

В зависимости от энергии нейтронов, используемых для активации, НАА подразделяют на: активационный анализ на тепловых, резонансных и быстрых нейтронах.

При работе с тепловыми нейтронами основным процессом взаимодействия нейтронов с ядрами является радиационный захват. В этом процессе образующееся составное ядро переходит в основное состояние путем испуская одного или нескольких γ – квантов. Образовавшееся ядро перегружено нейтронами и поэтому является бета – радиоактивным. После бета – распада дочерние ядра образуются обычно в возбужденном состоянии и в дальнейшем испускают γ – кванты, по энергии которых можно определить изотоп, а по величине соответствующего сигнала детектора – его количество. Для тепловых, медленных и отчасти промежуточных (резонансных) нейтронов реакция (n, γ) является, как правило, преобладающей среди процессов взаимодействия нейтронов с ядрами и вносит наибольший вклад в сечение захвата. Облучение тепловыми нейтронами является ведущей методикой НАА, так как он

применим к анализу подавляющего числа химических элементов периодической системы.

Из 84 стабильных и долгоживущих естественных радиоактивных элементов (например, U и Th) с помощью активации тепловыми нейтронами сравнительно просто и с высокой чувствительностью можно обнаружить и количественно определить 74 элемента. Но при этом анализ на тепловых нейтронах мало пригоден для анализа 10 самых легких элементов: H, He, Li, Be, B, C, N, O, F, Ne. Эти элементы, кроме Li и B, имеют весьма низкие сечения активации тепловыми нейтронами, очень короткие (O, F, N, Ne, B) или большие (Li, H, He, C, Be) периоды полураспада образующихся радиоактивных изотопов и часто малое содержание активирующегося изотопа в естественной смеси. Правда, облучение тепловыми нейтронами используется для определения Li и B, однако это требует применения специальных методов регистрации радиоактивных излучений.

Быстрые нейтроны в основном участвуют в реакциях (n, α) и (n, p) , в которых образуются изобары исходного ядра, которые практически всегда являются бета – радиоактивными. Сечений реакций (n, α) и (n, p) для легких элементов имеют более высокие значения, чем для тяжелых. Поэтому активационный анализ на быстрых нейтронах эффективен для определения легких элементов, которые невозможно определить при использовании тепловых нейтронов.

Для осуществления НАА необходимы потоки нейтронов высокой интенсивности, поэтому он проводится в ядерных реакторах или с помощью нейтронных генераторов [15, 16, 17].

2.3 Гамма – спектрометрия

Ядерная спектрометрия, представляя собой совокупность методов исследования спектров ядерных излучений, широко применяется при решении экологических задач.

Под спектром понимают распределение числа частиц по измеряемым величинам или параметрам, приведённое к некоторым стандартным условиям. В гамма – спектрометрии таким параметром является энергия γ – квантов, которые испускают ядра.

Энергию γ – квантов определяют или по энергии электронов, образующихся в результате взаимодействия γ – квантов с веществом (фотоэффект, комптоновское рассеяние, рождение электрон – позитронной пары), или по энергии заряженных частиц, возникающих в фотоядерных реакциях, или по величине угла брэгговского рассеяния. Наиболее эффективным способом является способ определения энергии γ – квантов по электронам отдачи.

Приборами, применяемыми для измерения спектров гамма – излучения, являются гамма – спектрометры. В настоящее время существует большое разнообразие приборов, служащих для измерения спектров γ – квантов: сцинтилляционные спектрометры, кристалл – дифракционные спектрометры, полупроводниковые спектрометры. Наибольшей универсальностью обладают γ – спектрометры с полупроводниковыми детекторами, так как они обладают высокой разрешающей способностью по энергии и хорошей эффективностью. Под энергетическим разрешением понимают минимальный интервал между двумя соседними энергетическими линиями, при котором эти линии еще наблюдаются отдельно. Эффективностью регистрации называют отношение потока регистрируемых сигналов к потоку части, попадающих в чувствительный объем детектора.

Полупроводниковые детекторы (ППД) получили широкое распространение благодаря большому чувствительному объему и высокой

разрешающей способности при сохранении достаточной эффективности. В основном в ППД используют кристаллы Ge с примесью Li. Под действием γ – квантов в Ge-Li кристаллах образуются электронно – дырочные пары, которые собираются на электродах и фиксируется электрический сигнал, величина которого определяется энергией γ – квантов.

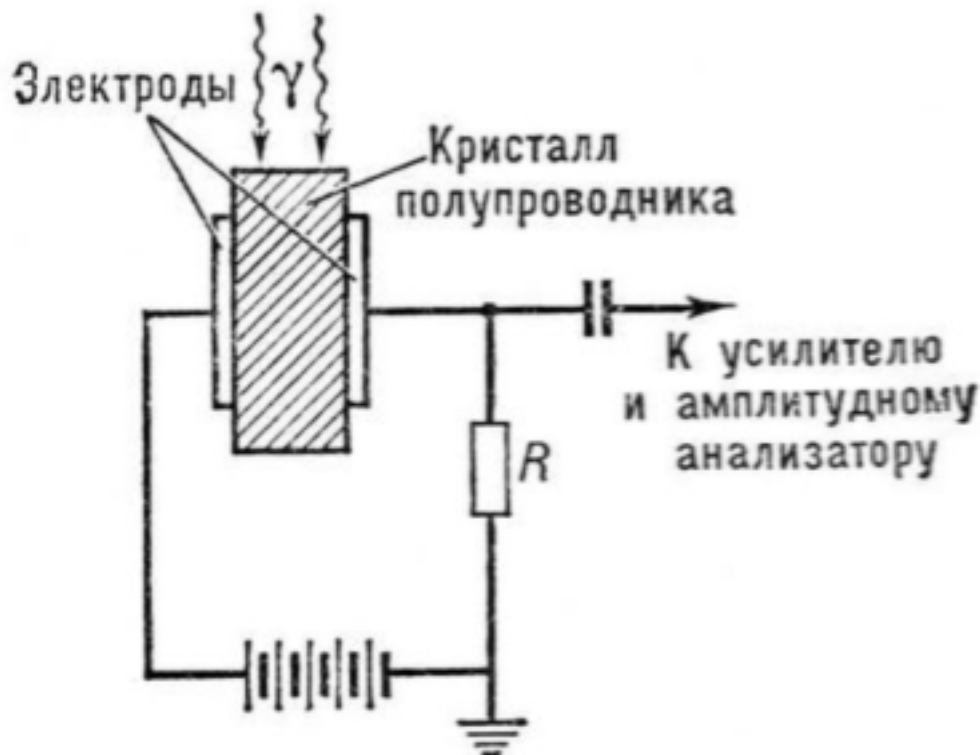


Рисунок 2.1 – схема полупроводникового гамма – спектрометра

Германиевые детекторы – это полупроводниковые диоды, имеющие структуру P-I-N, в которых область собственной электропроводности чувствительна к ионизирующей радиации, особенно к рентгеновскому и гамма излучению. Электрическое поле расширяет область собственной электропроводности или обедненную область. Когда фотоны взаимодействуют с материалом внутри обедненной области детектора, образуются новые носители заряда (дырки и электроны) и перемещаются под действием электрического поля к электродам P и N. Этот заряд, который пропорционален энергии, потерянной в детекторе входящим фотоном, преобразуется в импульс напряжения интегральным зарядочувствительным предусилителем.

Так как германиевые детекторы имеют относительно низкую ширину запретной зоны, эти детекторы должны охлаждаться, чтобы уменьшить тепловое образование носителей заряда (и, следовательно, обратный ток утечки) до допустимого предела. В противном случае ток утечки вызывает шум, который снижает энергетическое разрешение детектора. Жидкий азот, имеющий температуру -196°C , является обычным средством охлаждения для таких детекторов. Детектор монтируется в вакуумной камере, которая помещена в сосуд Дьюара, наполненный жидким азотом. Чувствительные поверхности детектора, таким образом, предохраняются от влажности и других загрязнений.

Число γ -линий, которое возможно определить за одно измерение, зависит от конкретных условий (сложности γ – спектра, энергий и интенсивностей γ – линий). Обычно γ – спектрометрический метод позволяет определять до ста и более γ – линий (в зависимости от разрешающей способности используемого детектора).

Для более точного и надёжного γ – спектрометрического анализа разработана специальная аппаратура, имеющая хорошие спектрометрические характеристики: высокую эффективность, хорошее энергетическое разрешение. Так, например, современные многоканальные гамма – спектрометры с полупроводниковым детектором обеспечивают измерение активностей изотопов с заданной (необходимой) статистической точностью, а также имеется возможность выдать полученную информацию в форме, наиболее подходящей для дальнейшей обработки.

Серьёзное ограничение γ – спектрометрического метода – сложность обработки результатов измерений, которая требует соответствующей квалификации исполнителя. Точная качественная и количественная интерпретация сложных γ – спектров требует понимания и учёта многих факторов, которые могут воздействовать на форму спектра в данной экспериментальной ситуации.

Применение гамма-спектрометрии в активационном анализе позволяет значительно сократить число операций химического разделения, а в ряде благоприятных случаев даже совсем отказаться от них. Однако γ – спектрометрии в применении к активационному анализу присущи и определённые недостатки и ограничения. Прежде всего, это невозможность определения элементов, дающих при облучении радиоактивные изотопы, которые являются чистыми α - или β^- - излучателями [18].

2.4 Расчет концентраций химических элементов

С помощью полупроводникового гамма – спектрометра измеряли активность каждой анализируемой пробы и двух стандартов. Время измерения спектра каждой пробы составило 5 мин. Для определения концентраций химических элементов использовали относительный метод. Концентрацию элемента можно рассчитать по формуле:

$$C_{xi} = C_{xэт} \frac{A_{xi} * m_{xэт}}{A_{xэт} * m_i}, \quad (2.3)$$

где C_{xi} – концентрация х.э. в i -ой пробе мха;

$C_{xэт}$ – концентрация х.э. в эталоне;

A_{xi} – удельная активность х.э. в i -ой пробе;

$A_{xэт}$ – удельная активность х.э. в эталоне;

m_i – масса i -ой пробы;

$m_{xэт}$ – масса х.э. в эталоне.

Активность элемента соответствующего данной аналитической γ – линии пропорциональна площади под пиком полного поглощения:

$$A_{xi} = \frac{S_{xi}}{n_j \varepsilon_j t m_i}, \quad (2.4)$$

где S_{xi} – площадь под пиков полного поглощения, соответствующей энергии радионуклида;

t – время измерения спектра радионуклида;

m_i – масса i -ой пробы;

ε_j – эффективность регистрации γ – квантов;

n_j - квантовый выход j -ой линии радионуклида.

При равных условиях измерения спектров радионуклидов в пробах и эталонах формулу (2.3) можно переписать:

$$C_{xi} = C_{xэт} \frac{S_{xi} * m_{xэт}}{S_{xэт} * m_i} \quad (2.5)$$

2.5 Статистические методы обработки

В нашем исследовании для изучения влияния условий размещения мхов (тип дерева и направление розы ветров) на содержание химических элементов в пробах эпифитного мха *Pylaisia polyantha* используются данные по концентрациям, из которых были сформированы выборки для каждого элемента. Число значений концентраций при определенных условиях размещения (объем выборки) не превышает 10. Таким образом, из – за малости выборок нельзя проверить гипотезу о законе распределения концентраций в каждой выборке. Поэтому для решения поставленной задачи решено использовать непараметрические методы сравнения.

2.5.1 Статистика Крускала – Уоллиса

Критерий H Крускала – Уоллиса используется для сравнения нескольких независимых выборок.

Пусть имеется p независимых выборок объемами $n_i - F_i$, где $i = 1..p$. Все $N = \sum n_i$ значений объединяют в единую выборку, упорядочивают по величине и ранжируют. Вновь формируют p выборок с сохранением рангов. Далее находят суммарный ранг каждой выборки: $R_i = \sum_{j=1}^{n_i} r_{ij}$. Статистика Крускала – Уоллиса определяется выражением:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^p \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1). \quad (2.6)$$

Введем $H_{кр}$, для которого в предположении, что все F_i совпадают, выполняется неравенство: $P(H \geq H_{кр}) \leq \alpha$. Значения $H_{кр}$ при выбранном уровне значимости α можно найти в таблицах [19, табл. 22].

Статистика Крускала – Уоллиса применяется для проверки гипотезы $H_0: F_1 = F_2 = \dots = F_p$. При выбранном уровне значимости гипотеза H_0 отвергается, если $H \geq H_{кр}$, в противном случае – гипотеза принимается [19].

Если число сравниваемых выборок 3, и объем каждой выборки не менее 5, то эмпирическое значение статистики H сравнивают с критическим значением Хи – квадрат Пирсона χ^2 , так как распределение H близко к распределению χ^2 с числом степеней свободы $df = p - 1$. В случае, когда $H \geq \chi^2$, гипотеза H_0 отвергается [20].

Следует отметить, что данная статистика в случае, когда гипотеза H_0 отвергается, не показывает, между какими выборками наблюдаются различия. Другими словами, невозможно заключить какой фактор в большей или меньшей степени влияет на содержание химических элементов в пробах мха. В таком случае необходимо попарное сравнение выборок с помощью статистики Манна – Уитни (двухвыборочный критерий Уилкоксона).

2.5.2 Критерий Манна – Уитни

U критерий Манна – Уитни используют для оценки различий между двумя независимыми выборками по уровню какого-либо количественного признака.

Рассматривают две выборки объемами m и n – $F(x)$ и $G(y)$. Критерий U характеризует число пар (x_i, y_i) , для которых выполняется соотношение $(x_i < y_i)$, среди всех $m * n$ пар.

$$U = \sum_j^n \sum_i^m h_{ij}, \quad (2.7)$$

$$h_{ij} = \begin{cases} 1, x_i < y_i, \\ 0, x_i > y_i. \end{cases} \quad (2.8)$$

Для проверки гипотезы $H_0: F(x) = G(y)$ вводят параметры U_α и $U_{1-\alpha}$, такие что $U_{1-\alpha} = m * n - U_\alpha$, где U_α приведен в таблицах [19, табл. 20] и зависит от объемов рассматриваемых выборок при выбранном уровне значимости α .

При альтернативе $\bar{H}: F \geq G$ гипотеза H_0 отвергается, если $U \geq U_{1-\alpha}$.

При альтернативе $\bar{H}: F \leq G$ гипотеза H_0 отвергается, если $U \leq U_\alpha$.

При альтернативе $\bar{H}: F \neq G$ гипотеза H_0 отвергается, если $U \leq U_{\alpha/2}$ или $U \geq U_{1-\alpha/2}$ [19].

В нашем случае для выбранного участка число выборок определяется числом выбранных ориентаций трансплантатов (3, 4 выборки).

3 Планирование и проведение эксперимента

В качестве мха – биоиндикатора для города Томска решено использовать эпифитный мох *Pylaisia polyantha*.

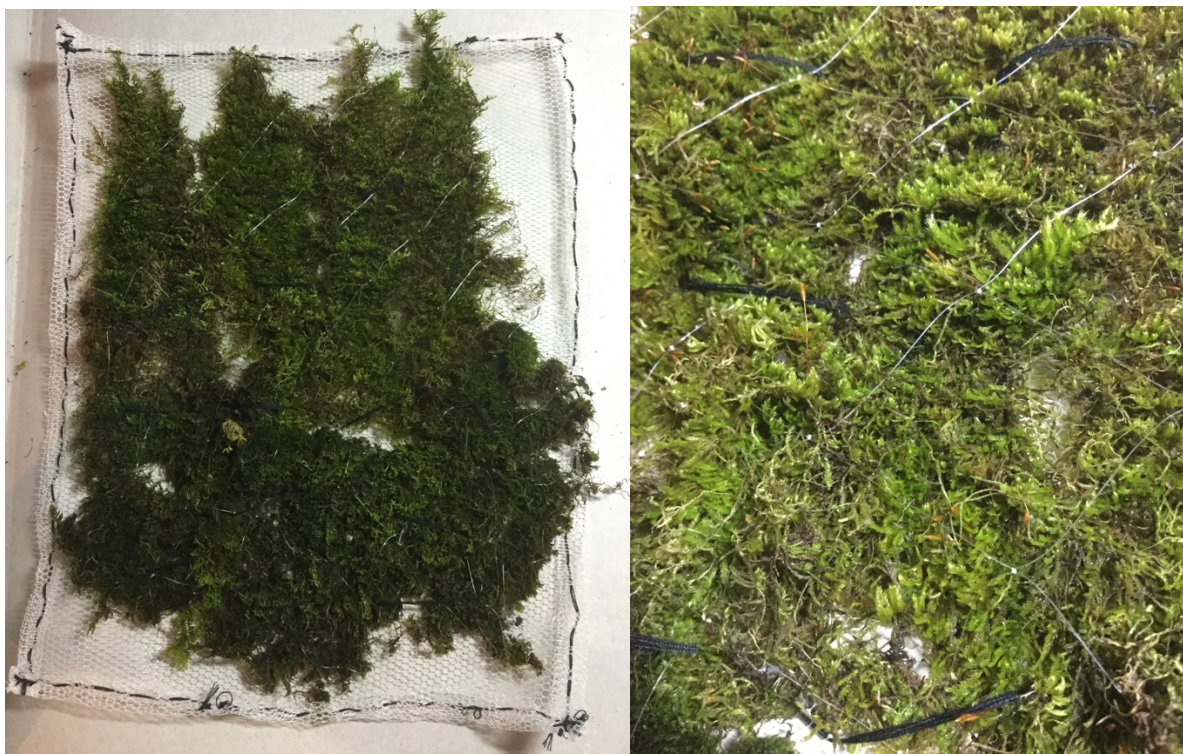
3.1 Сбор образцов

Отбор образцов эпифитного мха *Pylaisia polyantha* был проведен в мае (2.05.16) на территории отдаленной от города Томска на 50 км (п. Киреевск), в лесу, на расстоянии не менее 15 км от крупных трасс и 100 м от проселочных дорог, с коры тополей на высоте не ниже 1 метра от уровня земли. Отобранные образцы были сложены в полиэтиленовые мешки и в ожидании следующей операции хранились в темном и прохладном месте.

3.2 Изготовление планшетов

В данной работе трансплантаты со мхом были выполнены в виде планшетов, на которые крепился мох.

В качестве материалов для изготовления планшетов были использованы для подложки – нейлоновая сетка с мелкой ячейкой 2 мм, для крепления – хлопчатобумажная нить и нейлоновая сеть с крупным размером ячейки 5 мм. Из нейлоновой сетки были вырезаны прямоугольники размером примерно формата А4. На каждый такой прямоугольник были выложены в один слой образцы мха, не подвергавшиеся обработке. При этом из мха удалялись мелкие веточки и сухие участки мха. Мох сверху покрывался сеткой с крупной ячейкой, которая крепилась к основе. Для надежности сеть и мох прошивались крупными стяжками хлопчатобумажных ниток (рисунок 3.1.б).



а)

б)

Рисунок 3.1 – а) готовый планшет с мхом; б) нейлоновая сеть с крупной ячейкой и стежки ниткой для крепления

3.3 Размещение планшетов и время экспозиции

Планшеты в количестве 44 штук разместили в Михайловской роще и в микрорайоне Каштаке 20.05.16. Планшеты крепили с помощью строительного степлера к коре тополей и берез. Для выявления влияния условий размещения на содержание химических элементов на каждое дерево было прикреплено по 3-4 планшета на высотах 0,5 и 1,5 м от уровня земли (рисунок 3.2). В Михайловской роще образцы располагали по направлению к ТЭЦ, диаметрально противоположно и в двух перпендикулярных направлениях; в микрорайоне Каштаке – по направлению к проспекту Мира, диаметрально противоположно и в двух перпендикулярных направлениях. Образцы оставались на деревьях в течение всего лета и были собраны в октябре месяце (8.10.16). Таким образом, планшеты висели в течение 20 с половиной недель, в основном, в летний период. Снятые образцы в дальнейшем были подвержены пробоподготовке для НАА с

целью определения концентраций химических элементов и дальнейшего их анализа.

Необходимо отметить, что период экспозиции пришелся, в основном, на летние месяцы и мох сохранил жизнедеятельность. В аналогичном эксперименте, проведенном в зимний период, образца мха высохли.



Рисунок 3.2 – Размещение планшетов на дереве

3.4 Подготовка образцов мха к НАА

Образца мха, размещенные на планшетах, были промыты дистиллированной водой в течение нескольких секунд для удаления крупных примесей и пыли. Далее был срезан верхний зеленый слой длиной несколько мм. Далее пробы были высушены в печи в течение 2 часов при температуре 80 –

100°C. После этого они были подвержены процессу гомогенизации в ступке (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 – Измельчение мха в ступке

Из измельченного материала с помощью пресс – формы были получены таблетки диаметром 1 мм. Из каждого образца мха прессовали по две таблетки для составления выборки параллельных проб.

4 Результаты измерений и их анализ

При помощи нейтронно – активационного анализа измерили концентрации химических элементов в 28 образцах, включая фоновый. Измерение проводили по двум параллельным пробам; концентрации химических элементов в образцах рассчитывали как среднее арифметическое концентраций параллельных проб; если результат измерения в какой-либо пробе отличался более чем на 50% от результатов измерения в другой пробе, то выбирали то значение, которое согласовывалось со значениями концентраций в других пробах. Значение концентраций приведены в приложении А. Первые 14 образцов соответствуют пробам, помещенным в микрорайоне Каштаке, последующие 13 – в Михайловской роще. В каждом образце определено содержание 24 химических элементов: *Ag, As, Ba, Br, Ca, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, K, La, Lu, Na, Rb, Sm, Sc, Tb, Th, U, Yb, Zn*.

Таблица 4.1 – Отношение средних концентраций в образцах мха к фоновым для каждого элемента.

Элемент	Спр/Сф	Элемент	Спр/Сф
Sm	2,9	As	0,9
Ce	1,1	Ag	0,5
Ca	0,9	Cs	2,4
Lu	3,7	Sc	0,8
U	0,8	Rb	2,7
Tb	1,9	Fe	1,0
Th	1,8	Zn	0,8
Yb	0,8	Co	0,6
Hf	1,4	Na	2,2
Ba	1,1	Eu	5,8
Br	0,8	K	4,8
La	1,0	Cr	1,3

В таблице 4.1 приведены отношения средних значений концентраций во всех пробах мха к фоновым концентрациям для каждого элемента. Сравнение концентраций химических элементов в пробах мха с фоновыми значениями

показало, что только для элементов *Sm, Lu, Tb, Th, Hf, Cs, Rb, Na, Eu, K* наблюдается превышение концентраций над фоновыми, т.е. для этих элементов $\frac{C_{пр}}{C_{ф}} \geq 1,5$. Для концентраций этих элементов построены гистограммы (приложение Б). Для элементов *Ce, Ca, U, Yb, Ba, Br, As, Sc, Fe, Zn, Cr* и *La* концентрации в пробах в пределах погрешности совпали с фоновыми концентрациями.

Неожиданным оказался результат для элементов *Ag* и *Co*, концентрации которых ниже фоновых примерно в 2 раза (приложение Б). Уменьшение концентраций нескольких химических элементов (*K, Mo, As* и *P*) за разные периоды экспозиции наблюдали авторы в работе [8]. Был использован мох *Sphagnum girgensohnii*, который также, как и в наших исследованиях, не подвергали какой-либо предварительной обработке. Сколько – нибудь удовлетворительное объяснение данному результату не дано.

Дальнейшую обработку результатов измерений проводили только для элементов, концентрации которых в пробах мха превышают фоновые в 1,5 и более раза. Для выбранных элементов с помощью критерия Манна – Уитни провели сравнение выборок, сгруппированных по районам экспозиции мхов: микрорайон Каштак и Михайловская роща. В результате для элементов *Lu, Tb*, и *Cs* для этих двух районов не наблюдается значимого различия в накоплении за период экспозиции. При этом в микрорайоне Каштаке наблюдается более высокое накопление *Sm, Th, Hf, N* и *K*, а в Михайловской роще – *Rb* и *Eu*. Выявленные особенности накопления химических элементов в образцах мха в этих районах можно увидеть и на гистограммах (приложение Б). На рисунке 4.1 в качестве примера приведены гистограммы для *Sm, Hf, Lu* и *Th*, на которых сплошной горизонтальной линией приведены фоновые концентрации, пунктирными линиями обозначен диапазон фоновых концентраций.

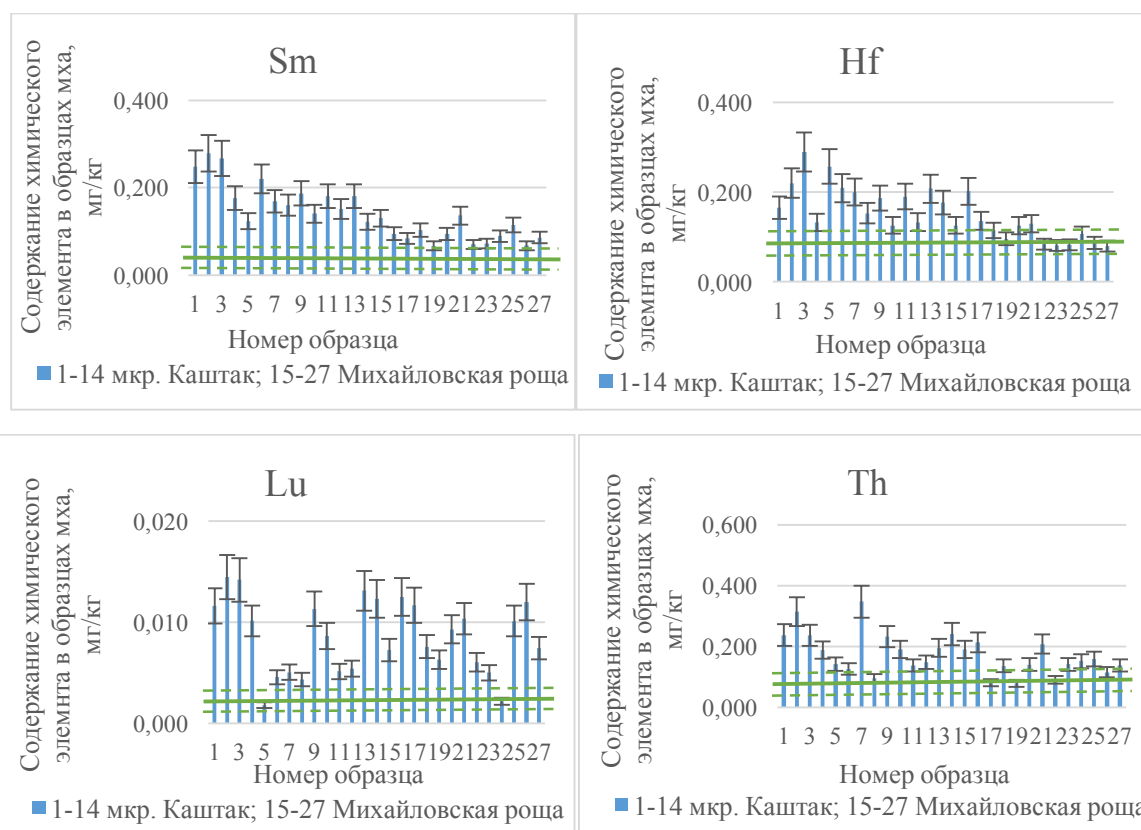


Рисунок 4.1 – Содержание химических элементов в образцах мха, мг/кг.

- Значения фоновых концентраций.
- - - Диапазон фоновых концентраций.

Более высокие концентрации *Rb* и *Eu* в Михайловской роще, вероятнее всего, связаны с деятельностью расположенного вблизи АО «Сибкабель» и влиянием ГРЭС – 2, которая находится примерно в 3 км от Михайловской рощи. Это расстояние как раз соответствует расстоянию, на котором наблюдаются максимальные концентрации выбросов из трубы ГРЭС – 2 высотой 100 м. Стоит отметить, что в микрорайоне Каштаке трансплантаты были развешаны значительно ближе к дороге, чем в Михайловской роще. Это объясняет более высокое содержание *Na* и *K* в образцах мха с микрорайона Каштака, так как эти элементы попадают в атмосферу с пылью. В данном случае главным источником пыли выступает проспект Мира, одна из самых загруженных улиц города. Вблизи микрорайона Каштака располагается частный сектор, где для отопления жилищ используют уголь, поэтому в этом районе наблюдаются повышенные концентрации *Sm*, *Th*, *Hf* (таблица 4.1). Однако, превышение над фоновыми концентрациями не слишком большое (в 2 – 3 раза), так как период экспозиции

пришелся в основном на летние месяцы. Следует отметить, что полученные тенденции в накоплении химических элементов в исследуемых районах города совпадают с данными работы [21], в которой изучали почву города Томска.

Для изучения влияния ориентации трансплантатов на содержание химических элементов в образках мха результаты измерения были сгруппированы по этому признаку; при этом дифференциацию по районам сохранили. Для каждого химического элемента удалось сформировать 3 выборки для микрорайона Каштак, и 4 выборки для Михайловской рощи.

Таблица 4.2 – Группировка данных для микрорайона Каштак и Михайловской рощи

Мкр. Каштак		Михайловская роща	
Направление	Номер образца	Направление	Номер образца
На дорогу	2, 5, 9, 11	Восток	17, 20, 22, 26
От дороги	1, 3, 7, 8, 10, 12, 14	Юг	16, 23
		Север	21, 25
Слева	4, 13	Запад	24, 27

Таблица 4.3 – Расчетные и табличные значения критерия H для выбранных элементов для микрорайона Каштак и Михайловской рощи

Элемент	мкр. Каштак		Михайловская роща	
	критерий H <i>расч</i>	критерий H <i>крит</i>	критерий H <i>расч</i>	критерий H <i>крит</i>
Sm	4,4	5,9	5,2	6,5
Lu	3,9		2,3	
Tb	4,3		2,1	
Th	3,8		6,6	
Hf	5,8		3,5	
Cs	3,4		1,0	
Rb	4,5		1,8	
Na	3,6		4,7	
Eu	4,9		0,9	
K	4,6		3,1	

Сравнительный анализ проведен с помощью критерий Крускала – Уоллиса. Только для Hf и Th расчетное значение критерия близко к

критическому. Поэтому можно считать, что значимого различия в накоплении химических элементов в зависимости от ориентации трансплантата не выявлено.

Подводя итог вышесказанному, можно отметить, что наблюдаемое превышение концентраций в образцах над фоновыми для 10 химических элементов связано с выбросами от сжигания угля в частном секторе и с интенсивным траффиком на магистралях вблизи исследуемых территорий.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Результатом исследования является разработанная методика активного биомониторинга с использованием эпифитного мха *Pyralisia polyantha*.

Целевым рынком данного исследования будут являться природоохранные организации, а также другие исследовательские группы, занимающиеся биомониторингом окружающей среды.

Таблица 5.1 – Карта сегментирования рынка услуг

		Организация	
		Роспотребнадзор	Департамент природных ресурсов
Область применения	Бимониторинг окружающей среды		
	Научно – исследовательская работа		

Из карты сегментирования услуг видно, что целевым рынком данного исследования будут природоохранные предприятия.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, помогает вносить коррективы в научное исследование, для более устойчивого положения на рынке. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Бк1 – методика, при которой мох перед экспозицией промывают дистиллированной водой. Далее его помещают в нейлоновые мешки и развешивали на исследуемой территории.

Бк2 – методика, при которой мох предварительно высушивают перед помещением в мешки. А в течение экспозиции требуется постоянная проверка мешков.

Критерии оценки конкурентов приведены в таблице 5.2. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1. Конкурентоспособность определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (5.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 5.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации	0,12	4	4	3	0,48	0,48	0,36
2. Сохранность планшетов во время экспозиции	0,10	4	3	3	0,40	0,30	0,30
3. Энергоэкономичность	0,07	5	5	4	0,35	0,35	0,28
4. Безопасность	0,12	4	4	3	0,48	0,36	0,48

5. Достоверность результатов	0,15	4	4	4	0,60	0,60	0,60
6. Простота эксплуатации	0,13	5	5	3	0,65	0,65	0,39
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,10	4	5	4	0,40	0,50	0,40
2. Затраты	0,11	5	5	4	0,55	0,55	0,44
3. Финансирование научной разработки	0,10	3	5	5	0,30	0,50	0,50
Итого	1				4,21	4,29	3,75

В результате можно увидеть, что разрабатываемая методика способна составить конкуренцию на рынке.

5.1.3 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта.

Слабость – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей.

Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию.

Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют

разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем.

Таблица 5.3 — SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Доступность исходных материалов и образцов. С2. Дешевизна материалов. С3. Простота в изготовлении трансплантатов. С4. Метод наиболее простой и достаточно эффективный среди аналогов.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствует единый протокол действий в рамках выбранного метода биомониторинга. Сл2. Необходимо большое количество трансплантатов для покрытия всей исследуемой территории.
Возможности: В1. Использование результатов для оценки загрязнения химическими элементами исследуемой территории. В2. Использование методики природоохранными организациями.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»: 1. Доступность и дешевизна исходных материалов, а также широкая распространенность образцов мха позволят увеличить спрос на нашу методику. 2. Простота методики биомониторинга даст возможность сотрудничества с заинтересованными организациями.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»: 1. Отсутствие единого алгоритма действий в данной области исследований ограничивает сотрудничество с другими исследовательскими группами. Поэтому необходимы дальнейшие исследования для изучения свойств мха.
Угрозы: У1. Отсутствие финансирования. У2. Исчезновение образцов в ходе эксперимента в силу вандализма и природных факторов.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»: 1. Метод трансплантации мхов дает достоверные данные о содержании химических элементов в атмосферном воздухе, при этом являясь мало затратным, что делает его привлекательным для финансирования. 2. Экологичность технологии дает преимущество перед конкурентами.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»: 1. Уменьшение числа трансплантатов искажает картину загрязнения исследуемой территории, что может привести к потере финансирования. Необходимо размещать трансплантаты в недоступном для прохожих мест, либо размещать специальные знаки.

Из SWOT-анализа видно, что для реализации данной работы необходимо взаимодействовать с университетами для подготовки персонала в данной области. Для привлечения инвестиции, необходимо заинтересовать государство (получение грантов, субсидий, премиальных и т.д.) и природоохранные организации.

5.2 Планирование научно – исследовательской работы

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Научно-исследовательские работы и опытно-конструкторские разработки разбиваются на этапы в соответствии с ГОСТ 15.101-98, (для НИР) ГОСТ Р 15.201-2000 (для ОКР). В зависимости от характера и сложности НИОКР ГОСТ допускает разделение этапов на отдельные виды работ.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться от 3 до 15 человек. В рамках данной работы была сформирована рабочая группа, в состав которой вошли:

- руководитель;
- студенты.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель

Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Разработка общей методики исследования	Руководитель
	4	Выбор направления исследований	Руководитель
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, студент
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Изучение документации, обзор литературы	Студент
	7	Изготовление и подготовка трансплантатов	Студент
Проведение расчетов	8	Подготовка образцов к НАА	Студент
	9	Обработка полученных результатов	Студент
Обобщение и оценка результатов	10	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, студент
Оформление отчета по НИР	11	Проверка полученных результатов	Руководитель
	12	Составление пояснительной записки	Студент
	13	Подготовка к защите темы	Студент

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Следующим этапом является определение трудоемкости выполнения работ, так как трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки. Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож\ i}$ используется следующая формула:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5}, \quad (5.2)$$

где $t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел. –дн.

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел. –дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел. –дн.

$$t_{\text{ож } 1} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8$$

$$t_{\text{ож } 2} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 6}{5} = 4,8$$

$$t_{\text{ож } 3} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8$$

$$t_{\text{ож } 4} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1,8$$

$$t_{\text{ож } 5} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8$$

$$t_{\text{ож } 6} = \frac{3 \cdot 6 + 2 \cdot 8}{5} = 6,8$$

$$t_{\text{ож } 7} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8$$

$$t_{\text{ож } 8} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8$$

$$t_{\text{ож } 9} = \frac{3 \cdot 9 + 2 \cdot 11}{5} = 9,8$$

$$t_{\text{ож } 10} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8$$

$$t_{\text{ож } 11} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 6}{5} = 4,8$$

$$t_{\text{ож } 12} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8$$

$$t_{\text{ож } 13} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 6}{5} = 4,8$$

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая

параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ож i}}{ч_i}, \quad (5.3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ож i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел. –дн.

$ч_i$ - численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе: чел.

Таблица 5.5 – Продолжительность работы в рабочих днях

i	$t_{ож i}$, чел. –дн.	$ч_i$, чел.	T_{pi} , дней	Должность исполнителя
1	2,8	1	3	Руководитель
2	4,8	1	5	Студент
3	3,8	1	4	Руководитель
4	1,8	1	2	Руководитель
5	3,8	2	2	Руководитель, студень
6	6,8	1	7	Студент
7	2,8	1	3	Студент
8	2,8	1	3	Студент
9	9,8	1	10	Студент
10	3,8	2	2	Руководитель, студент
11	4,8	1	4	Руководитель
12	2,8	1	3	Студент
13	4,8	1	5	Студент

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (5.4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется следующим образом:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5.5)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

В период выполнения научной работы было 113 выходных и праздничных дней. Рассчитанный коэффициент календарности составил 1,39. Рассчитанные величины T_{ki} были округлены до целых чисел и занесены в таблицу 5.6.

Таблица 5.6 – Временные показатели проведения научного исследования

i	$t_{\text{ож } i}$, чел. –дн.	Ч_i , чел.	T_{pi} , дней	T_{ki} , дней	Должность исполнителя
1	2,8	1	3	4	Руководитель

Продолжение таблицы 5.6

i	$t_{ож\ i}$, чел. –дн.	$Ч_i$, чел.	T_{pi} , дней	T_{ki} , дней	Должность исполнителя
2	4,8	1	5	7	Студент
3	3,8	1	4	6	Руководитель
4	1,8	1	2	3	Руководитель
5	3,8	2	2	3	Руководитель, студень
6	6,8	1	7	10	Студент
7	2,8	1	3	4	Студент
8	2,8	1	3	4	Студент
9	9,8	1	10	14	Студент
10	3,8	2	2	3	Руководитель, студент
11	4,8	1	4	6	Руководитель
12	2,8	1	3	4	Студент
13	4,8	1	5	7	Студент
Итого			52	76	

График строится разбивкой по месяцам и декадам за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделены различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу. Календарный план-график выполнения данной дипломной работы представлен на рисунке 5.1.

№	Вид работ	Исполнитель	Тк, кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				Март			Апрель				Май				Июнь		
				3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	
1	Составление ТЗ	Р	4	■													
2	Изучение литературы	С	7	■	■												
3	Разработка методики	Р	6			■	■										
4	Выбор напр. исследований	Р	3				■										
5	Календарное планирование	Р	3				■										
		С				■											
6	Анализ литературы	С	10					■	■	■							
7	Изготовление и подготовка трансплантатов	С	4						■	■							
8	Подготовка образцов к НАА	С	4							■	■						
9	Обработка результатов	С	14								■	■	■				
10	Оценка эффективности полученных результатов	Р	3									■	■				
		С									■	■					
11	Проверка полученных результатов	Р	6										■	■	■		
12	Составление ПЗ	С	4											■	■		
13	Подготовка к защите темы	С	7												■	■	

Рисунок 5.1 – Календарный план – график проведения научного исследования. Р – руководитель, С – студент.

5.2.4 Бюджет научно – технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

5.2.5 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды;
- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований).

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{расх\ i}, \quad (5.6)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расх\ i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 5.7 – Материалы и затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Сеть нейлоновая (2 мм)	м ²	3	300	900

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Сеть нейлоновая (2 см)	м ²	3	250	750
Нить хлопчатобумажная	шт.	1	20	20
Набор игл	шт.	1	150	150
Итого				1820

5.2.6 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (5.7)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата; $З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, студента) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot Т_p, \quad (5.8)$$

где T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.; $З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d}, \quad (5.9)$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 5.8).

Таблица 5.8 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный должностной оклад работника:

$$З_m = З_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (5.10)$$

где $З_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.; $k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{тс}$); k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от $З_{тс}$); k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 5.9 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад	$k_{пр}$	k_d	k_p	$З_m$, руб	$З_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$З_{осн}$, руб.
Руководитель	26300	0,3	0,5	1,3	61542	2550	17	43350
Студень	9893	0,3	0,5	1,3	23150	959	40	38360
Итого								81710

5.2.7 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (5.11)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Дополнительная заработная плата руководителя рассчитывается как:

$$З_{\text{доп}} = 0,13 \cdot 43350 = 5635,5 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата студента рассчитывается как:

$$З_{\text{доп}} = 0,13 \cdot 38360 = 4986,8 \text{ руб.}$$

Общие затраты составили: 10622,3 руб.

5.2.8 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{доп}} + З_{\text{осн}}), \quad (5.12)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2017 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 5.10 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Руководитель	Студент
Основная заработная плата, руб.	43350	38360
Дополнительная заработная плата, руб.	5635,5	4986,8
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Сумма отчислений	11901	11747
Итого	23648	

5.2.9 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

Затраты на электроэнергию можно посчитать по формуле:

$$Z_{\text{эн}} = P \cdot C_{\text{эл}} \cdot F_{\text{об}}, \quad (5.13)$$

где $C_{\text{эл}}$ — тариф на промышленную электроэнергию (5,8 руб. за 1 кВт·ч); P — мощность оборудования, кВт; $F_{\text{об}}$ — время использования оборудования, ч.

При мощности оборудования 0,5 кВт, затраты на электроэнергию составили 1160 рублей.

5.2.10 Формирование бюджета затрат проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при

формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1) Материальные затраты НТИ	1820	Пункт 5.2.5
2) Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	81710	Пункт 5.2.6
3) Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	10622,3	Пункт 5.2.7
4) Отчисления во внебюджетные фонды	23648	Пункт 5.2.8
5) Накладные расходы	1160	Пункт 5.2.9
Бюджет затрат НТИ	118960,3	

5.3 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (5.14)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп } i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Аналог – методика, при которой мох предварительно высушивают перед помещением в нейлоновые мешки. А в течение экспозиции требуется постоянная проверка мешков. При такой методике расходы увеличатся за счет покупки дополнительного оборудования и материалов, а также за счет увеличения рабочего времени для проверки мешков. В таком случае расходы увеличатся примерно на 30%.

$$\text{Тогда } I_{\text{финр}}^{\text{исп } 1} = \frac{118960,3}{154649} = 0,8, \quad I_{\text{финр}}^{\text{исп } 2} = \frac{154649}{154649} = 1.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (5.15)$$

где a_i – весовой коэффициент i -го варианта использования разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 5.12.

Таблица 5.12 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Простота эксплуатации	0,1	5	4
2. Безопасность в эксплуатации	0,15	4	2
3. Сохранность образцов	0,15	5	4
4. Энергосбережение	0,20	4	2
5. Надежность	0,25	4	3
6. Материалоемкость	0,15	4	4
ИТОГО	1		

$$I_{p \text{ исп.1}} = 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 4,25;$$

$$I_{p \text{ исп.2}} = 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 2 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 2 + 0,25 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 = 2,45.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{\text{исп.}i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{I_{p \text{ исп.1}}}{I_{\text{исп.1}}^{\text{финр}}} = \frac{4,25}{0,8} = 5,31, \quad (5.16)$$

$$I_{\text{исп.2}} = \frac{I_{p \text{ исп.2}}}{I_{\text{исп.2}}^{\text{финр}}} = \frac{2,45}{1} = 2,45. \quad (5.17)$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}} = \frac{5,31}{2,45} = 2,2 \quad (5.18)$$

Таблица 5.13 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,8	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,25	2,45
3	Интегральный показатель эффективности	5,31	2,45
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	2,2	

Сравнивая значения интегральных показателей эффективности, можно отметить, что более эффективным вариантом решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является исполнение 1.

6 Социальная ответственность

В настоящее время одно из основных направлений профилактической работы по снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости является повсеместное внедрение комплексной системы управления охраны труда. Таким образом осуществляется объединение разрозненных мероприятий в единую систему целенаправленных действий на всех уровнях и стадиях производственного процесса.

Охрана труда (ОТ) – это система законодательных, социально-экономических, организационных, технологических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда [22].

Опасный производственный фактор – фактор, воздействие которого в определенных условиях приводят к травме или другому внезапному, резкому ухудшению здоровья [1].

Вредный производственный фактор – фактор, воздействие которого на работающего, в определенных условиях, приводит к заболеванию или снижению трудоспособности.

Четкой границы между опасным и вредным факторами часто не существует. В зависимости от уровня и продолжительности воздействия вредный фактор может стать опасным. Все опасности, формируемые в процессе трудовой деятельности, разделяются на физические, химические, биологические, психофизиологические [23].

Правила по охране труда и техники безопасности вводятся в целях предупреждения несчастных случаев, обеспечения безопасных условий труда работающих и являются обязательными для исполнения рабочими, руководящими, инженерно-техническими работниками.

6.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием опасных и вредных факторов.

Выбор методов и средств обеспечения безопасности должен осуществляться на основе выявления вредных и опасных факторов, присущих тому или иному производственному оборудованию или технологическому процессу. Очень важно уметь обнаружить опасность и определить ее характеристики. В таблице 6.1 приведены основные виды работ, которые могут привести к появлению опасных и вредных производственных факторов.

Таблица 6.1 – основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	ФАКТОРЫ ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работа на ПЭВМ		Электрический ток	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность
	Воздействие радиации (ВЧ,УВЧ,СВЧ и т.д.)		СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. «Гигиенические требования к ПЭВМ и организация работы»

На инженера, работа которого связана с моделированием на компьютере, воздействуют следующие факторы:

1. физические;
2. психофизиологические.

К физическим факторам относят: электрический ток.

Психофизиологические факторы – это физические перегрузки (статические и динамические) и нервно-психические (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки) [23].

6.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ

6.2.1 Организационные мероприятия

Весь персонал обязан знать и строго соблюдать правила техники безопасности. Обучение персонала технике безопасности и производственной санитарии состоит из вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте ответственным лицом. Проверка знаний правил техники безопасности проводится квалификационной комиссией после обучения на рабочем месте. Проверяемому, присваивается соответствующая его знаниям и опыту работы квалификационная группа по технике безопасности и выдается специальная удостоверение. Лица, обслуживающие ПЭВМ не должны иметь увечий и болезней, мешающих производственной работе. Состояние здоровья устанавливается медицинским освидетельствованием.

6.2.2 Технические мероприятия

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации.

То, что требуется для выполнения работ чаще должно располагаться в зоне легкой досягаемости рабочего пространства. На рисунке 6.1 показаны зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости.

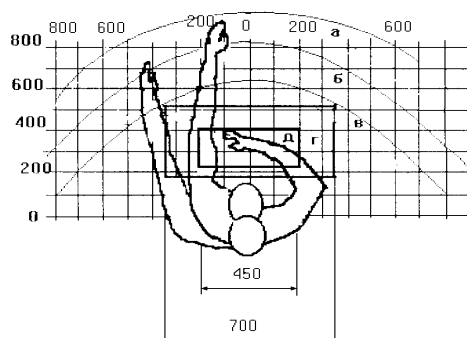


Рисунок 6.1 – зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости. а – зона максимальной досягаемости рук, б - зона досягаемости пальцев при вытянутой руке, в – зона легкой досягаемости ладони, г – оптимальное пространство для грубой ручной работы, д – оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

При проектировании письменного стола должны быть учтены следующие требования:

- Высота рабочей поверхности стола рекомендуется в пределах 680-800 мм.
- Высота рабочей поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть 650 мм.
- Рабочий стол должен быть шириной не менее 700 мм и длиной не менее 1400 мм.
- Должно иметься пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм.
- Рабочее кресло должно быть подъёмно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а так же расстоянию спинки до переднего края сиденья. Рекомендуется высота сиденья над уровнем пола 420 – 550 мм. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать: ширину и глубину

поверхности сиденья не менее 400 мм; поверхность сиденья с заглублённым передним краем.

- Монитор должен быть расположен на уровне глаз оператора на расстоянии 500-600 мм. Согласно нормам угол наблюдения в горизонтальной плоскости должен быть не более 45° к нормали экрана. Лучше если угол обзора будет составлять 30° . Кроме того должна быть возможность выбирать уровень контрастности и яркости изображения на экране.

Должна предусматриваться возможность регулирования экрана:

- по высоте +3 см;
- по наклону от 10 до 20 градусов относительно вертикали;
- в левом и правом направлениях.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100 – 300 мм от края. Нормальным положением клавиатуры является её размещение на уровне локтя оператора с углом наклона к горизонтальной плоскости 15° .

6.2.3 Условия безопасной работы

Основными параметрами, характеризующими условиями труда являются микроклимат, шум, вибрация, электромагнитное поле, излучение и освещенность.

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата устанавливаются в соответствии со [24] и приведены в таблице 6.2.

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. В помещение должны подаваться следующие объёмы наружного воздуха: при объёме помещения до 20

м³ на человека – не менее 30 м³ в час на человека; при объёме помещения более 40 м³ на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция.

Таблица 6.2 – Оптимальные и допустимые параметры микроклимата

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха,
Холодный и переходный	23-25	40-60	0,1
Тёплый	23-25	40	0,1

Система отопления должна обеспечивать достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха должно использоваться водяное отопление. Параметры микроклимата в используемой лаборатории регулируются системой центрального отопления, и имеют следующие значения: влажность – 40%, скорость движения воздуха – 0,1 м/с, температура летом – 20-25 °С, зимой – 13-15 °С. В лаборатории осуществляется естественная вентиляция. Воздух поступает и удаляется через щели, окна, двери. Основной недостаток такой вентиляции в том, что приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания.

Шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывают вредное воздействие на организм человека, а именно, на органы слуха и на весь организм через центральную нервную систему. В результате этого ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе. Шум может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, осветительными приборами дневного света, а также проникать извне. При выполнении работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБ.

Экран и системные блоки производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видео-кабеля.

Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг экрана по электрической составляющей должна быть не более:

- в диапазоне частот 5Гц – 2кГц – 25В/м;
- в диапазоне частот 2кГц – 400кГц – 2,5В/м.

Плотность магнитного потока должна быть не более:

- в диапазоне частот 5Гц – 2кГц – 250нТл;
- в диапазоне частот 2кГц – 400кГц – 25нТл.

Существуют следующие способы защиты от ЭМП:

- увеличение расстояния от источника (экран должен находиться на расстоянии не менее 50 см от пользователя);
- применение приэкранных фильтров, специальных экранов и других средств индивидуальной защиты.

При работе с ПЭВМ источником ионизирующего излучения является дисплей. Под влиянием ионизирующего излучения в организме может происходить нарушение нормальной свертываемости крови, увеличение хрупкости кровеносных сосудов, снижение иммунитета и др. Доза облучения при расстоянии до дисплея 20 см составляет 50 мкР/час. Конструкция ЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана не более $7,7 \cdot 10^{-4}$ А/кг, что соответствует эквивалентной дозе, равной 100 мкР/час [24].

Утомляемость органов зрения может быть связана как с недостаточной освещенностью, так и с чрезмерной освещенностью, а также с неправильным направлением света.

6.2.4 Электробезопасность

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Электрический ток, протекая через тело человека, производит термическое, электролитическое, биологическое, механическое действие. Термическое действие характеризуется нагревом кожи, тканей вплоть до ожогов. Электролитическое действие заключается в разложении жидкостей, в том числе крови, в изменении их состава и свойств. Биологическое действие проявляется в нарушении биологических процессов, протекающих в организме человека, и сопровождается раздражением и возбуждением тканей и судорожным сокращением мышц. Механическое действие приводит к разрыву тканей в результате электродинамического эффекта [23].

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с ПЭВМ в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%), высокой температуры (более 35°C), наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного прикосновения к имеющим соединение с землёй металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования [25].

К основным *техническим средствам защиты* от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок относятся:

- электрическая изоляция токоведущих частей;
- ограждение;
- сигнализация и блокировка;
- использование малых напряжений;
- электрическое разделение сети;
- выравнивание потенциалов;
- защитное заземление;
- зануление;
- защитное отключение;
- средства индивидуальной защиты [23].

6.2.5 Пожарная и взрывная безопасность

Согласно нормам пожарной безопасности, в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д. Так как помещение по степени пожаровзрывоопасности относится к категории В, т.е. к помещениям с твердыми сгорающими веществами, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий.

Возможные причины загорания:

- неисправность токоведущих частей установок;
- работа с открытой электроаппаратурой;
- короткие замыкания в блоке питания;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей и т.п.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на: организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

К режимным мероприятиям относятся, установление правил организации работ, и соблюдение противопожарных мер. Для предупреждения возникновения пожара от коротких замыканий, перегрузок и т. д. необходимо соблюдение следующих правил пожарной безопасности:

- исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);
- применение при строительстве и отделке зданий негорюемых или трудно сгораемых материалов;
- правильная эксплуатация оборудования (правильное включение оборудования в сеть электрического питания, контроль нагрева оборудования);
- правильное содержание зданий и территорий (исключение образования источника воспламенения – предупреждение самовозгорания веществ, ограничение огневых работ);
- обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности;
- издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации;
- соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;
- правильное размещение оборудования;
- своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

При возникновении аварийной ситуации необходимо:

1. Сообщить руководству (дежурному).
2. Позвонить в соответствующую аварийную службу или МЧС – тел. 112.
3. Принять меры по ликвидации аварии в соответствии с инструкцией.

Заключение

За период выполнения выпускной квалификационной работы:

- сделан обзор иностранной литературы по методу активного биомониторинга;
- изучены основы нейтронно – активационного анализа и гамма – спектрометрии;
- изучены непараметрические методы статистики для обработки результатов;
- отобраны образцы мха с фоновой территории;
- изготовлены и размещены на исследуемых территориях трансплантаты;
- проведены измерения концентраций химических элементов в пробах мха с помощью нейтронно – активационного анализа;
- проведена обработка результатов измерения.

В каждом образце мха определено содержание 24 химических элементов: Ag, As, Ba, Br, Ca, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, K, La, Lu, Na, Rb, Sm, Sc, Tb, Th, U, Yb, Zn.

На основе проделанной работы можно сделать выводы:

1. Разработка методов активного биомониторинга является важным направлением в экологических исследованиях урбанизированных территорий. К настоящему времени данная задача не решена, в том числе не изучено влияние большого количества факторов на накопление химических элементов в трансплантированных мхах.
2. Обитающие на коре деревьев эпифитные мхи являются оптимальными тест-объектами для активного биомониторинга.
3. Мох – трансплантат, период экспозиции которого пришелся на летне – осенний период, сохранил свою жизнедеятельность без каких – либо дополнительных процедур по смачиванию.

4. Статистическая обработка результатов с помощью критерий Крускала – Уоллиса показала, что нет значимого влияния ориентации трансплантатов на содержание химических элементов в образцах мха.

5. Превышение концентраций над фоновыми в 1,5..6 раз обнаружено для 10 элементов: *Sm, Lu, Tb, Th, Hf, Cs, Rb, Na, Eu, K*. Основными источниками загрязнения являются большая транспортная магистраль для микрорайона Каштака (проспект Мира) и выбросы печей отопления частного сектора, где сжигается уголь.

Список используемых источников

1. Биология и медицина. Атмосферные осадки [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://medbiol.ru/medbiol/ecology/0000cf0d.htm>, свободный. – Загл. с экрана.
2. Биология и медицина. Биоиндикационная роль растений [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://medbiol.ru/medbiol/ecology/00011265.htm#00011f6d.htm>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Биомониторинг состояния окружающей среды: учебное пособие / Под. ред. проф. И.С. Белюченко, проф. Е.В. Федоненко, проф. А.В. Смагина. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 153 с.; илл.; приложения.
4. Рогова Н. С. и др. Изучение аккумуляционных свойств мхов, используемых при мониторинге загрязнения атмосферы //Оптика атмосферы и океана. – 2011. – Т. 24. – №. 1. – С. 79-83.
5. Рыжакова Н. К., Борисенко А. Л., Долецкая Ю. В., Рогова Н. С. Анализ загрязнения химическими элементами атмосферного воздуха города Томска // Известия вузов. Физика. - 2013 - Т. 56 - №. 11/3. - С. 259-263 [10254-2013].
6. Goodman G. T., Roberts T. M. Plants and soils as indicators of metals in the air //Nature. – 1971. – Т. 231. – С. 287-292.
7. Ares A. et al. Moss bag biomonitoring: a methodological review //Science of The Total Environment. – 2012. – Т. 432. – С. 143-158.
8. Yurukova L. et al. Preliminary data of moss-bags technique in an urban area (Plovdiv, Bulgaria) //Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences. – 2013. – Т. 66. – №. 8.
9. Vuković G. et al. Active moss biomonitoring for extensive screening of urban air pollution: Magnetic and chemical analyses //Science of the Total Environment. – 2015. – Т. 521. – С. 200-210.

10. Calabrese S. et al. Application of the moss bag biomonitoring technique in an active volcanic environment (Mt. Etna, Italy) //11th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements. – 2011.
11. Adamo P. et al. Natural and pre-treatments induced variability in the chemical composition and morphology of lichens and mosses selected for active monitoring of airborne elements //Environmental Pollution. – 2008. – Т. 152. – №. 1. – С. 11-19.
12. Ares A. et al. Active biomonitoring with the moss *Pseudoscleropodium purum*: comparison between different types of transplants and bulk deposition //Ecotoxicology and environmental safety. – 2015. – Т. 120. – С. 74-79.
13. Giordano, S., Adamo, P., Monaci, F., Pittao, E., Tretiach, M., Bargagli, R., 2009. Bags with oven-dried moss for the active monitoring of airborne trace elements in urban areas. Environ. Pollut. 157, 2798–2805.
14. Aničić M. et al. Active biomonitoring with wet and dry moss: a case study in an urban area //Environmental chemistry letters. – 2009. – Т. 7. – №. 1. – С. 55-60.
15. Активационный анализ : курс лекций / В. И. Гутько. – Минск : МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2008. – 74 с.
16. А. П. Крешков. Основы аналитической химии. Физико-химические (инструментальные) методы анализа, Изд. «Химия», 1970, стр. 472. (http://alnam.ru/book_a_chem3.php?id=194)
17. Фронтасьева М. В. Нейтронный активационный анализ в науках о жизни //Физика элементарных частиц и атомного ядра. – 2011. – Т. 42. – №. 2.
18. Волков Н. Г., Христофоров В. А., Ушакова Н. П. Методы ядерной спектроскопии: Учебное пособие. – Энергоатомиздат, 1990.
19. Ликеш, Иржи. Основные таблицы математической статистики : пер. с чешского / И. Ликеш, И. Ляга. — Москва: Финансы и статистика, 1985. — 356 с.: ил. — Библиотечка иностранных книг для экономистов и статистиков. — Библиогр.: с. 345-353.

20. Унгуряну Т. Н., Гржибовский А. М. Сравнение трех и более независимых групп с использованием непараметрического критерия Краскела Уоллиса в программе Stata //Экология человека. – 2014. – №. 6.
21. Язиков Е. Г., Таловская А. В., Жорняк Л. В. Оценка эколого-геохимического состояния территории г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей и почв: монография //Томск: Изд-во ТПУ. – 2010. – Т. 263.
22. Федеральный закон «Об основах охраны труда» от 17.07.1999 г. № 181-ФЗ.
23. Назаренко О.Б. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2001. – 87 с.
24. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы».
25. ГОСТ 12.1.019-79. Электробезопасность.

Приложение А

Результаты измерения концентраций химических элементов

Таблица А.1 – Концентрации химических элементов в пробах мха, определенные методом нейтронно – активационным анализом, мг/кг.

Элемент	Номер образца													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Sm	0,25	0,28	0,27	0,18	0,12	0,22	0,17	0,16	0,19	0,14	0,18	0,15	0,18	0,12
Ce	2,06	2,32	2,50	1,35	1,85	3,30	2,06	2,02	1,59	1,46	2,51	1,69	2,08	2,02
Ca	14,99	15,64	15,67	17,93	15,83	15,58	13,90	12,57	17,72	17,50	17,01	17,43	14,79	14,56
Lu	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
U	0,06	0,05	0,08	0,01	0,10	0,02	0,04	0,08	0,06	0,06	0,03	0,08	0,13	0,07
Tb	0,11	0,29	0,29	0,19	0,06	0,02	0,00	0,04	0,20	0,20	0,02	0,06	0,00	0,01
Th	0,24	0,31	0,24	0,19	0,14	0,13	0,35	0,10	0,23	0,19	0,14	0,15	0,20	0,24
Cr	4,26	3,41	5,14	2,03	5,16	4,79	3,89	3,51	2,25	4,16	2,79	10,79	3,72	2,91
Yb	0,10	0,13	0,13	0,08	0,08	0,20	0,15	0,13	0,08	0,06	0,19	0,16	0,13	0,12
Hf	0,17	0,22	0,29	0,13	0,26	0,21	0,20	0,15	0,19	0,13	0,19	0,13	0,21	0,18
Ba	182,08	240,03	246,36	176,79	246,05	252,58	498,68	267,79	158,42	136,86	295,91	320,13	178,33	213,18
Br	7,75	7,40	9,29	8,95	6,74	7,12	5,33	4,53	11,08	10,57	7,19	5,68	4,78	7,70
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63	0,90	0,72	0,91	0,00	0,00	0,62	0,64	0,44	0,97
Ag	0,17	0,22	0,21	0,17	0,07	0,39	0,57	0,06	0,04	0,02	0,00	0,00	0,10	0,10
Cs	0,42	0,44	0,16	0,18	0,03	0,09	0,10	0,06	0,16	0,28	0,01	0,08	0,00	0,00
Sc	0,26	0,37	0,27	0,25	0,32	0,56	0,52	0,41	0,28	0,21	0,85	0,44	0,30	0,36

Продолжение таблицы А.1

Элемент	Номер образца													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Rb	9,30	9,73	7,06	6,60	2,75	5,04	7,39	9,18	10,30	8,48	4,08	19,55	5,70	3,07
Fe	632,00	826,54	698,16	543,37	1111,69	1034,47	1014,02	777,40	573,97	524,15	922,74	750,84	1019,23	896,96
Zn	135,95	101,61	135,30	94,35	121,69	172,49	126,97	128,98	127,77	109,94	114,54	101,19	172,62	457,19
Co	0,26	0,23	0,28	0,16	0,56	0,62	0,51	0,47	0,22	0,18	0,41	0,48	0,14	0,12
Na	650,24	737,47	723,41	566,32	195,58	343,78	224,79	250,99	1147,52	690,76	303,74	239,56	258,30	335,61
Eu	0,04	0,06	0,03	0,02	0,04	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,31	0,15
K	17,09	17,12	14,81	19,22	7,27	5,74	4,73	3,44	29,54	18,00	6,01	6,10	7,79	8,55
La	1,64	1,68	1,70	1,03	1,06	1,53	1,41	1,29	1,17	1,00	1,23	1,10	1,02	0,91
Элемент	Номер образца													
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	Фон
Sm	0,13	0,09	0,08	0,10	0,07	0,09	0,14	0,07	0,07	0,09	0,12	0,07	0,09	0,050
Ce	1,76	2,21	1,65	1,18	1,05	1,17	1,72	0,87	0,95	0,83	1,98	1,01	1,76	1,537
Ca	19,52	15,89	14,15	15,29	15,25	12,83	16,38	12,81	14,28	14,94	13,29	13,21	9,58	17,464
Lu	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,002
U	0,03	0,09	0,06	0,06	0,06	0,10	0,03	0,04	0,05	0,05	0,07	0,16	0,06	0,077
Tb	0,10	0,02	0,02	0,07	0,00	0,00	0,19	0,06	0,08	0,05	0,01	0,00	0,01	0,042
Th	0,19	0,21	0,08	0,14	0,08	0,14	0,21	0,09	0,14	0,15	0,16	0,12	0,14	0,096
Cr	2,97	3,06	1,92	2,88	6,17	7,34	2,04	1,67	1,31	1,43	2,90	2,08	2,25	2,794
Yb	0,03	0,12	0,09	0,06	0,03	0,08	0,06	0,03	0,04	0,04	0,12	0,07	0,08	0,116
Hf	0,13	0,20	0,14	0,11	0,10	0,13	0,13	0,08	0,08	0,08	0,11	0,09	0,08	0,107
Ba	139,39	243,46	176,24	237,55	152,23	242,86	198,13	119,45	196,52	134,27	239,10	230,19	96,19	201,871
Br	5,72	7,35	6,10	10,66	4,94	10,17	6,62	3,02	5,08	4,65	8,01	5,06	5,25	8,43
As	0,00	1,11	0,75	0,66	0,56	1,01	0,00	0,00	0,55	0,00	0,71	0,71	0,64	0,53
Ag	0,01	0,11	0,08	0,15	0,04	0,03	0,09	0,00	0,07	0,08	0,17	0,00	0,05	0,22

Окончание таблицы А.1

Элемент	Номер образца													
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	Фон
Cs	0,25	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,25	0,14	0,16	0,14	0,00	0,00	0,00	0,05
Sc	0,24	0,37	0,37	0,17	0,15	0,22	0,39	0,16	0,15	0,18	0,36	0,27	0,21	0,40
Rb	30,47	17,98	7,27	24,30	9,02	18,05	10,30	10,42	10,07	9,82	6,40	5,18	5,58	3,88
Fe	514,26	939,30	730,43	456,53	451,01	719,24	530,55	272,67	309,64	292,94	748,95	545,71	509,30	712,64
Zn	133,75	220,94	148,56	148,78	175,44	184,94	102,18	59,99	78,96	110,24	182,62	2775,2 2	195,32	181,57
Co	0,19	0,20	0,12	0,17	0,09	0,14	0,13	0,08	0,10	0,10	0,13	0,10	0,12	0,41
Na	241,55	345,75	219,18	279,25	143,82	249,13	216,52	138,35	242,84	144,71	208,79	176,88	149,00	163,81
Eu	0,00	0,23	0,20	0,02	0,02	0,28	0,03	0,01	0,01	0,02	0,25	0,07	0,07	0,01
K	13,37	13,47	6,06	9,50	6,42	9,82	4,57	4,04	5,42	4,85	4,42	3,96	3,89	1,99
La	0,87	1,23	0,67	0,53	0,48	0,69	0,78	0,35	0,41	0,42	0,83	0,61	0,50	0,95

Приложение Б

Содержание химических элементов в образцах мха

Рисунок Б.1 – Содержание химических элементов в образцах мха и фоновые концентрации, мг/кг.

