

Школа – Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки – 14.03.02 Ядерные физика и технологии
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение ядерного топливного цикла

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Изучение динамики накопления тяжелых металлов мхами-трансплантатами вблизи автомагистралей УДК <u>551.510.42:546.3:504.064:582.32:625.711.3</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А5А	Гусвицкий Каир Муратович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Рыжакова Надежда Кирилловна	к.ф.-м.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОЯТЦ	Рогова Наталья Сергеевна	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Подопригора Игнат Валерьевич	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЯТЦ	Гоголева Татьяна Сергеевна	к.ф.-м.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Бычков П.Н.	к.т.н.		

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКОВ)

Код результата	Результат обучения (компетенции)
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.

Код результата	Результат обучения (компетенции)
Профессиональные компетенции	
P7	Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.
P8	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 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.

Код результата	Результат обучения (компетенции)
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 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 науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки – 14.03.02 Ядерная физика и технологии
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение ядерного топливного цикла

УТВЕРЖДАЮ:
 Бычков П.Н.

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
0А5А	Гусвицкий Каир Муратович

Тема работы:

Изучение динамики накопления тяжелых металлов мхами-трансплантатами вблизи автомагистралей	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	12.03.2019. №1862/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2019
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Определение концентраций химических элементов нейтронно-активационным анализом на исследовательском реакторе ИРТ-Т и с помощью гамма-спектрометрии относительным методом.
--------------------------	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Поиск и перевод иностранной литературы по теме исследования. 2. Анализ исследований по динамике накопления тяжелых металлов во мхах-трансплантатах. 3. Проведение эксперимента. 4. Обсуждение, выводы.
Перечень графического материала	Презентация
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Подопригора Игнат Валерьевич
Социальная ответственность	Гоголева Татьяна Сергеевна

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Рыжакова Надежда Кирилловна	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А5А	Гусвицкий Каир Муратович		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки – 14.03.02 Ядерные физика и технологии
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение ядерного топливного цикла
 Период выполнения (весенний семестр 2018/2019 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2019
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.19	Составление и утверждение технического задания	7
05.03.19	Подбор и изучение материалов по теме	10
16.03.19	Выбор направления исследования	5
8.04.19	Проведение эксперимента	45
07.05.19	Анализ и описание результатов	30
20.05.19	Подготовка к защите ВКР	7

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Рыжакова Надежда Кирилловна	к.ф.-м.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОЯТЦ	Рогова Наталья Сергеевна	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Бычков П.Н.	к.т.н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
0A5A	Гусвицкий Каир Муратович

Институт		Кафедра	
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Физика атомного ядра и частиц

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i> 2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i> 3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i> 	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i> 2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i> 3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i> 	<p>Оценочная карта конкурентных технических решений</p> <p>Иерархическая структура работ</p> <p>SWOT-анализ</p>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i> 2. <i>Матрица SWOT</i> 3. <i>Альтернативы проведения НИ</i> 4. <i>График проведения и бюджет НИ</i> 5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i> 	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Подопригора Игнат Валерьевич	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0A5A	Гусвицкий Каир Муратович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
0А5А	Гусвицкий Каир Муратович

Школа	ИЯТШ	Отделение школы (НОЦ)	ОЯТЦ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Ядерные физика и технологии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны) на предмет возникновения:	<ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (микроклимат, освещение, шумы, вибрации, излучение); – опасных проявлений факторов производственной среды (электрической, пожарной и взрывной природы).
2. Перечень законодательных и нормативных документов по теме	<ul style="list-style-type: none"> – требования охраны труда при работе на ПЭВМ; – электробезопасность; – пожаровзрывобезопасность;

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	<ul style="list-style-type: none"> – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	<ul style="list-style-type: none"> – электробезопасность (источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	08.04.19
--	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЯТЦ	Гоголева Т.С.	к. ф.-м. н.		08.04.19

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А5А	Гусвицкий Каир Муратович		

Реферат

Бакалаврская работа содержит 72 страниц, 11 рисунков, 14 таблиц, 18 источников и 2 приложения.

Ключевые слова: биомониторинг, загрязнение атмосферы, нейтронно-активационный анализ, содержание химических элементов, динамика накопления, влияние периода экспозиции.

Объектом исследования являются концентрации химических элементов, определенные методом нейтронно-активационного анализа в образцах мха *Pyralisia polyantha*.

Целью работы – изучение динамики накопления тяжелых металлов мхами-трансплантатами вблизи автомагистралей.

В процессе исследования проводились поиск и перевод иностранной литературы по теме исследования, произведен отбор образцов мха *Pyralisia polyantha*, изготовлены и размещены на исследуемой территории планшеты, выполнен нейтронно – активационный анализ, проведена обработка полученных результатов. Исследование с применением данной методики проведено для двух автомагистралей г. Томска с июля по октябрь 2018. Выбраны четыре периода экспозиции: 1 месяц (июль), 2 месяца (июль-август), 3 месяца (июль-сентябрь), 4 месяца (июль-октябрь).

В результате исследования концентрации 25 элементов определены методом нейтронно-активационного анализа на исследовательском ядерном реакторе ИРТ-Т. Изучена динамики накопления тяжелых металлов мхами-трансплантатами вблизи автомагистралей. Для исследованных периодов экспозиции значимая зависимость концентраций химических элементов от времени накопления во мхах-трансплантатах *Pyralisia Polyantha* не обнаружена.

Описанная методика и результаты проведенного исследования могут быть использованы при изучении загрязненности воздуха в городских районах, вблизи автомагистралей.

Бакалаврская работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016 с применением пакета Microsoft Excel 2016.

Содержание

Введение.....	13
1 Обзор литературы по теме исследования.....	16
2 Методы исследования	24
2.1 Нейтронно-активационный анализ	24
2.2 Гамма-спектрометрия.....	27
3 Эксперимент	29
4 Результаты и обсуждение.....	31
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	35
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	35
5.1.1 Анализ конкурентных технических решений.....	35
5.1.2 SWOT-анализ	37
5.2 Планирование научно-исследовательских работ	40
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	40
5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	41
5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	44
5.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	46
5.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .	52
6 Социальная ответственность	55
6.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	55

6.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПК.	57
6.2.1 Организационные мероприятия	57
6.2.2 Организация рабочего места оператора ПК.....	57
6.2.3 Условия безопасной работы	59
6.3 Электробезопасность.....	61
6.4 Пожарная и взрывная безопасность.....	63
Заключение	66
Список использованных источников	67
Приложение А	69
Приложение Б.....	71

Введение

Промышленный бум 20 века, а именно повсеместное распространение автотранспорта с двигателями внутреннего сгорания, рост промышленных центров и городов, а также прогресс в тяжелой и химической промышленности привели не только к повышению качества жизни, но и к ухудшению экологической обстановки по всему миру, а сильнее всего в развитых странах. В погоне за улучшением качества продукции, повышением производственных мощностей и минимизации затрат чаще всего не бралось во внимание пагубное экологическое воздействие выбросов и отходов на окружающую среду. Только ближе к концу 20 века и к началу деградации некоторых экосистем стали изучаться последствия антропогенной нагрузки на окружающую среду, в том числе на организм человека. Среди объектов окружающей среды наибольший интерес вызывает загрязнение атмосферного воздуха. Это обусловлено тем, что загрязнители, присутствующие в воздухе, поглощаются не только почвой, животными и растениями, но и человеком. Человек пропускает через свои легкие большой объем воздуха, в результате в его организм попадают различные вредные вещества, например, тяжелые металлы. Опасность тяжелых металлов заключается в том, что они могут накапливаться в органах человека и тем самым нанести серьезный вред здоровью. Концентрации тяжелых металлов в воздухе определить трудно из-за их малости, поэтому традиционные инструментальные методы в данном случае не применимы. Кроме того, современных ученых интересует степень загрязненности воздуха на обширных территориях (мегаполисах и агломерациях) с сильно различающимися уровнями загрязнения. Экологический мониторинг содержания тяжелых металлов традиционными методами на таких территориях – задача практически невыполнимая, поэтому широкое распространение получил метод биомониторинга.

Биомониторинг – это контроль качества экосистемы с помощью живых организмов (биомониторов). Данный метод не является прямым измерением экологического состояния системы, а является измерением отклика живых организмов на качество среды и изменение этого качества. В природе имеется

большое множество организмов-биомониторов и их выбор зависит от экосистемы и среды, которую мы хотим исследовать.

Для оценки качества атмосферного воздуха во многих исследованиях широкое применение получили мхи благодаря их высокой аккумуляционной способности и широкому распространению в природе. Существует пассивный и активный биомониторинг с помощью мхов. При пассивном биомониторинге для анализа качества воздуха используются мхи, произрастающие на исследуемой территории. Этот метод подходит для отслеживания изменений в экосистеме в течение длительного периода времени и на больших территориях. Но проведение исследования затрудняется тем, что не всегда можно найти необходимое количество мха, произрастающего в разных точках на исследуемой территории. В случае, когда нет или не хватает местного мха, прибегают к использованию мха, пересаженного с экологически чистой территории – так называемый метод активного биомониторинга. Гибкость в выборе участка размещения, возможность контроля времени экспозиции и возможность определения начальных концентраций химических элементов – вот плюсы данного метода. При трансплантации мхов с условно чистых территорий на урбанизированную не всегда хватает достаточного количества участков для пересадки. Поэтому чаще всего мхи-трансплантаты помещают в сетчатые мешки из химически нейтральных материалов, так называемая техника “мох-мешок”. Но мох высыхает во время экспозиции и часто осыпается. Для преодоления данных недостатков мхи размещают на специальной поддержке, устанавливают полив и затенение. Но для достаточно больших территорий этот способ является слишком трудоемким и дорогостоящим.

Несмотря на большое количество публикаций и продолжительное использование метода трансплантации, до сих пор существует ряд нерешенных вопросов. В частности, нет единого мнения по выбору оптимальной длительности экспозиции. Выбор периода экспозиции – одна из главных проблем оценки с помощью техники “мох-мешок”, так как мхи склонны к высыханию и эффективность удержания элементов мхами вследствие этого

может варьироваться. В данном исследовании использован разработанный в ТПУ метод активного биомониторинга с помощью эпифитных мхов, размещенных на планшетах.

Целью данной работы является изучение динамики накопления тяжелых металлов мхами-трансплантатами вблизи автомагистралей.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Поиск и перевод иностранной литературы по теме исследования.
2. Анализ исследований по динамике накопления тяжелых металлов во мхах-трансплантатах.
3. Отбор эпифитного мха *Pylaisia Polyantha*, изготовление планшетов и размещение их на исследуемой территории и последующий сбор размещенных на разные периоды экспозиции планшетов.
4. Подготовка проб к нейтронно-активационному анализу (НАА)
5. Обработка и анализ результатов НАА.

1 Обзор литературы по теме исследования

Метод биомониторинга с помощью мхов применяется давно, но до сих пор нет конкретного мнения об оптимальной длительности экспозиции для мха-трансплантата. В разных исследованиях используются различные периоды экспозиции, но для сравнения полученных разными авторами результатов и для стандартизации этой методики активного биомониторинга необходимо чтобы эти исследования имели сопоставимые характеристики экспозиции, в частности - равные периоды. Также неясно, обладают ли мхи свойством насыщения химических элементов, или же они продолжают накапливать химические элементы до момента их сбора.

В работе [1] период экспозиции составлял: 5 и 10 недель. Исследование проводилось на территории Сербии, в городе Белград. В качестве экспериментальной площадки был выбран туннель с интенсивным движением. Туннель был выбран на основании того, что загрязнение воздуха в нем будет представлено только влиянием автотранспорта. Использован вид мха *Sphagnum girgensohnii*. Отобранный мох высушивали в лабораторных условиях при комнатной температуре. Три грамма высушенных мхов помещали в мешки из нейлоновой сетки (размер ячейки 2 мм) 10 x 10 см². Для каждой исследуемой площадки было приготовлено по 8 “мох-мешков”. Концентрации свинца и стабильные изотопы свинца были измерены с помощью масс-спектрометра с индуктивно связанной плазмой. Концентрации свинца в мох-мешках в туннеле для экспозиции 5 и 10 недель представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Концентрации свинца в туннельных пробах (среднее +/- стандартное отклонение мкг/г, сухой вес). Фоновые значения представлены концентрациями свинца замеренных в не экспонированных пробах мха.

Расположение проб	Период экспозиции (недели)	
	5	10
Снаружи туннеля (O)	10,65 ± 3,09	11,89 ± 0,67
У входа (E)	11,14 ± 1,82	16,31 ± 4,50
Внутри туннеля (I)	14,47 ± 1,86	19,51 ± 1,75
Фон (B)	2,60 ± 0,32	

Более длинные времена экспозиции для всех проб мха стали причиной высоких концентраций свинца. В пробах, развешенных на 5 недель, наименьшие значения были для проб снаружи туннеля, а наибольшее для проб внутри туннеля. В пробах, развешенных на 10 недель тенденция была та же: наименьшие значения были снаружи туннеля, тогда как наибольшие значения внутри туннеля. Временное повышение концентраций свинца в эксперименте с туннелем показало, что в первые 5 недель экспозиции скорость накопления свинца было выше, чем в последующих пяти неделях экспозиции (Табл. 1). Таким образом, концентрации свинца в мох-мешках, экспонированных внутри туннеля, были выше по сравнению с концентрациями в мох-мешках, развешанных у входа в туннель и снаружи туннеля, что является результатом слабой вентиляции внутри туннеля и высокой циркуляцией воздуха снаружи туннеля. Для анализа загрязнения свинцом с помощью активного биомониторинга авторы советуют выбирать период экспозиции длиной в 10 недель.

Также проводилось исследование [2] на территории трех Европейских стран (Испании, Италии, Австрии) со мхом *Pseudoscleropodium purum*, выращенным в лабораторных условиях. Три разных по длительности периода экспозиции (3, 6 и 12 недель) были протестированы параллельно во всех странах на всех экспериментальных площадках во временном промежутке с марта по июнь 2013, таким образом получилось 4 последующих экспозиционных периодов по 3 недели (n=252; 3 страны x 7 площадок x 4 периода x 3

параллельных образца), 2 последующих экспозиционных периода по 6 недель (n=126; 3 страны x 7 площадок x 2 периода x 3 параллельных образца) и 1 экспозиционный период 12 недель (n=63; 3 страны x 7 площадок x 3 параллельных образца).

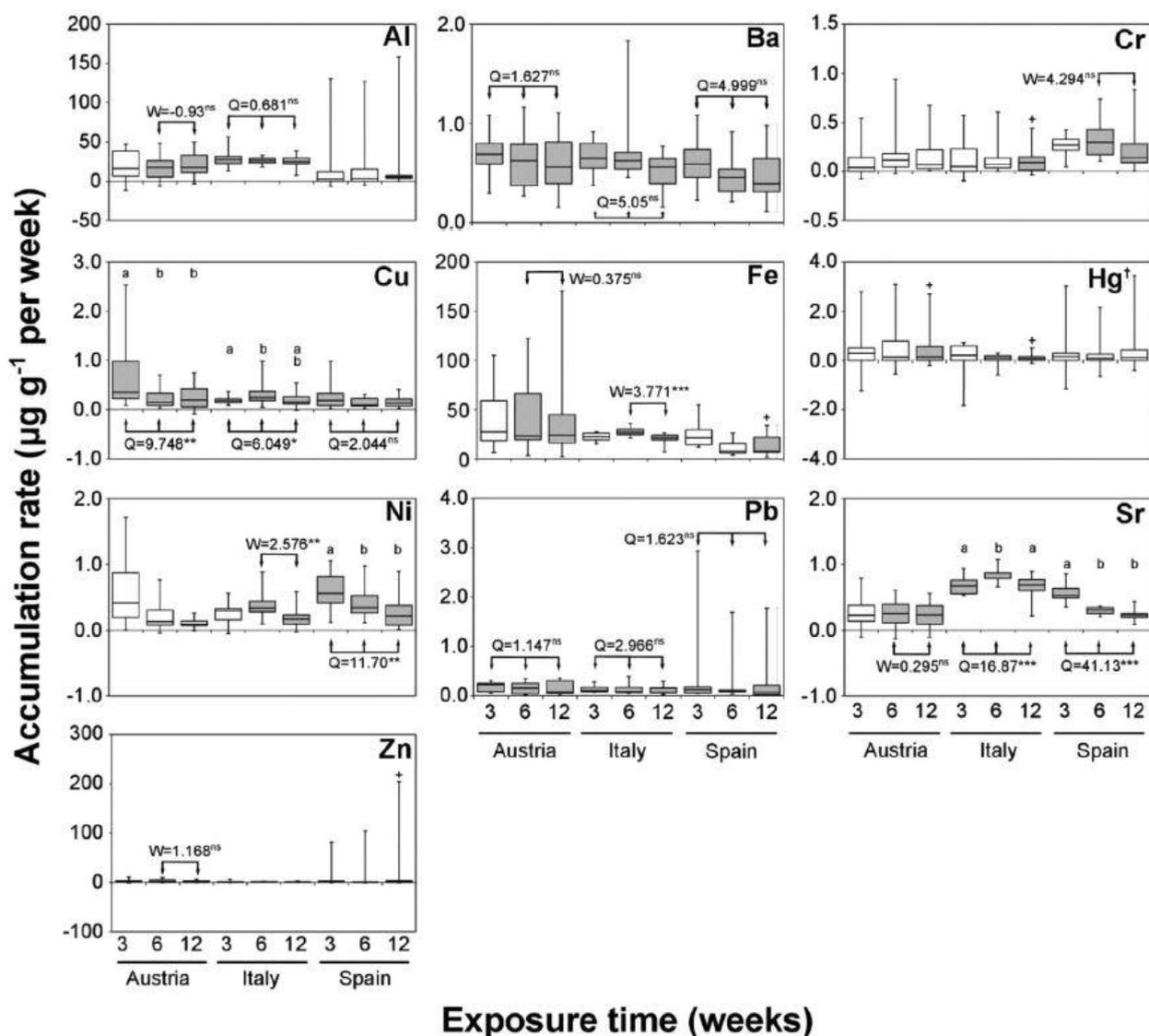


Рисунок 1 – Коробчатые диаграммы с уровнем аккумуляции (мкг/г в неделю) в мохсферах для 3, 6 и 12 недель в Австрии, Италии и Испании. Коробки: полоска внутри – медиана; крайности = 1 и 3 квартили; усы = мин. и макс. W и Q значение критерия Уилкоксона и Фридмана. Белые коробки: значения ниже упомянутого критерия; Серые коробки: значения выше критерия; “+” обозначает опцию подходящую под критерий; *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

Как показывают результаты исследования 3 недель экспозиции было недостаточно для того чтобы наблюдать устойчивое накопление на большинстве площадок. Более того, не наблюдалось серьезного изменения накопления между периодом экспозиции в 6 недель и 12. Выше перечисленные результаты наблюдались на всех площадках несмотря на разницу в климате и разные по типу эксплуатации земли. Исходя из полученных данных, авторы рекомендуют использовать 6-ти недельный период экспозиции.

Следующие исследование [3] проведено на территории Сербии в зоне сельхоз деятельности (виноградники). Использован вид мха *Sphagnum girgensohnii* и *Hypnum cupressiforme*. 1.5 г высушенных мхов помещали в мешки из нейлоновой сетки (размер ячейки 2 мм) 7 x 7 см². Всего было приготовлено 200 мох-мешков. Были выбраны три экспозиционных периодов: 2 месяца, 4 месяца и 6 месяцев, которые покрывали весь виноградный сезон. Для анализа был использован метод оптико-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой.

В обоих видах мха для большинства элементов, не было значимой разницы ($p < 0.05$) по концентрациям между тремя 2-ух месячными периодами экспозиции (1M2, 2M2, 3M2). Однако, медианные концентрации Al, As, Ba, Ca, Co, Cr, Fe, Sb, Sn, Ti, V, и Zn, и редкоземельных элементов значимо ($p < 0.05$) повысились при увеличении времени экспозиции от 2 месяцев до 6 месяцев. Наиболее заметное повышение со временем было обнаружено для As, Co, Cr, Cu, Fe, и V (Рис. 1). 6-ти месячный период (M6) отметил накопленное загрязнение воздуха элементами в течение всего виноградного сезона. Авторы данной работы советуют 6-ти месячный экспозиционный период для агрикультурных территорий.

Есть работы в которых утверждается, что экспозиционный период длиннее 10 недель вызывает насыщение катионообменных участков во мхе и последующее изменения в отношении среди накопленных металлов [4]. Данное исследование было проведено в Италии, в городе Неаполь с использованием мха

Sphagnum capillifolium. Было выбрано 23 площадки, на каждой по 4 мох-мешка. Время экспозиции составляло 4 месяца с июля 1999 по ноябрь 1999. Две пробы с площадки отбирали после 10 недель (в конце сухого сезона) и две пробы после 17 недель (во время влажного сезона). В данной работе анализ проведён с помощью метода спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Значимая разница между накоплением в течение 10 недель и 17 недель обнаружена для Cr, Cu, Fe, Ni, Pb и Ti. В этой работе описано, что гаметофиты мха удерживают ионы металлов как с помощью простого ионного обмена, так и сложным и хелированием конкретными органическими группами. Авторы считают, что различие в элементных содержаниях между 10 недельным и 17 недельным сезоном для мха может быть объяснена на основе возможного насыщения катионообменных участков после 10 недель и последующего изменения в отношении среди накопленных металлов.

В исследовании [5], проведенном в Белграде, при относительно низких уровнях загрязнения авторы рекомендуют 5-ти месячный экспозиционный период. Мхи собирали в течение пяти месяцев с июня по ноябрь 2007 каждые 15 дней по две пробы влажного и две пробы сухого мха. В данном исследовании был обнаружен линейный характер повышения концентраций для большинства элементов. Между каждым месяцем наблюдалось значимое различие. Рис демонстрирует концентрации накопленных элементов с шагом в 15 дней. Элементы накапливаются линейно в течение 4 месяцев, а в течение 5 месяца концентрации резко возрастают, что связано с началом отопительного сезона.

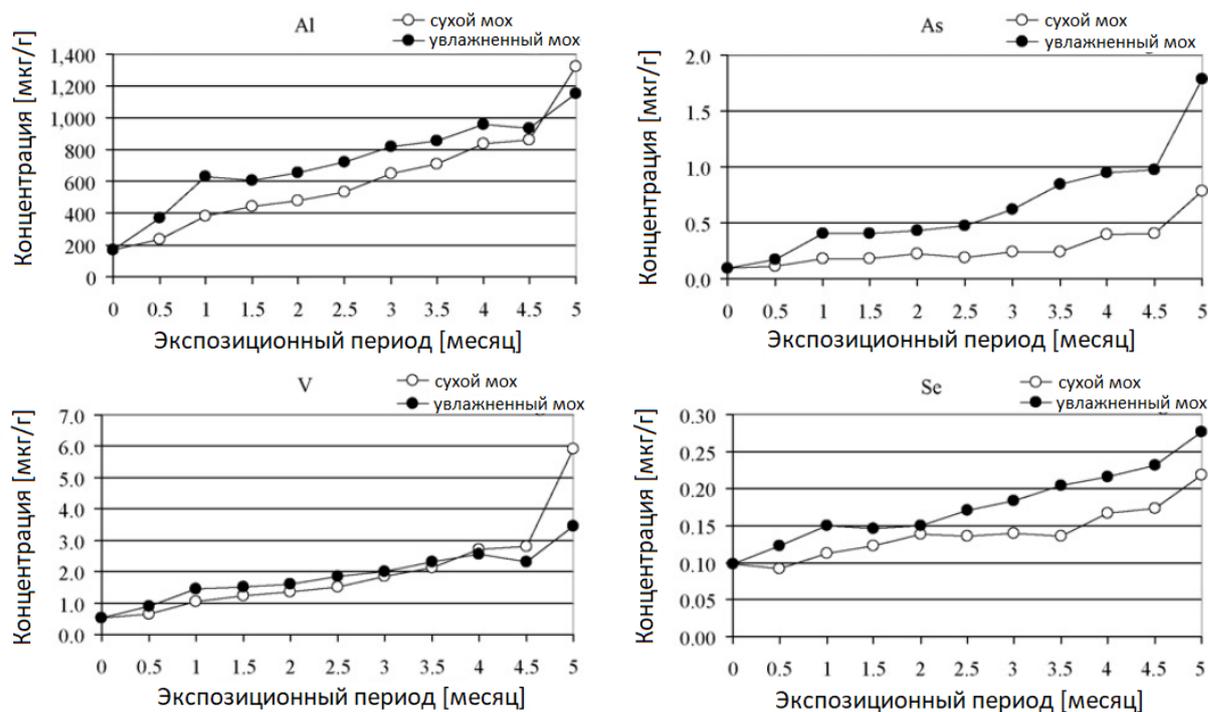


Рисунок 2 – Концентрации (мкг/г) накопленных элементов: Al, V, As, Se в мох-мешках с Июня по Октябрь 2007 с шагом в 15 дней.

В работе [6] рекомендуется экспозиционный период в 12 недель. Это исследование было проведено на территории Италии, в Неаполе с использованием мха *Nurpum Cupressiforme* и лишайника *Pseudevernia furfuracea*. Было подготовлено три набора “мох-мешков” по 32 шт. в каждом для первого и второго 6-ти недельных периодов и для периода в 12 недель. Пробы отличались проб подготовкой: промытые в воде мхи (WM), промытые в кислоте (AM) и высушенные в печи (OM). В основном, разница в концентрациях элементов между высушенными и промытыми мхами не обнаружена. Мхи накопили больше химических элементов, чем лишайники. Для 82 случаев из 120 в течение 12-ти недельного экспозиционного периода мох накопил больше элементов, чем суммарно накопил за первый и второй 6-ти недельные сроки, что говорит о том, что большое время экспозиции может вызвать насыщение матрицы мха (Рис.3).

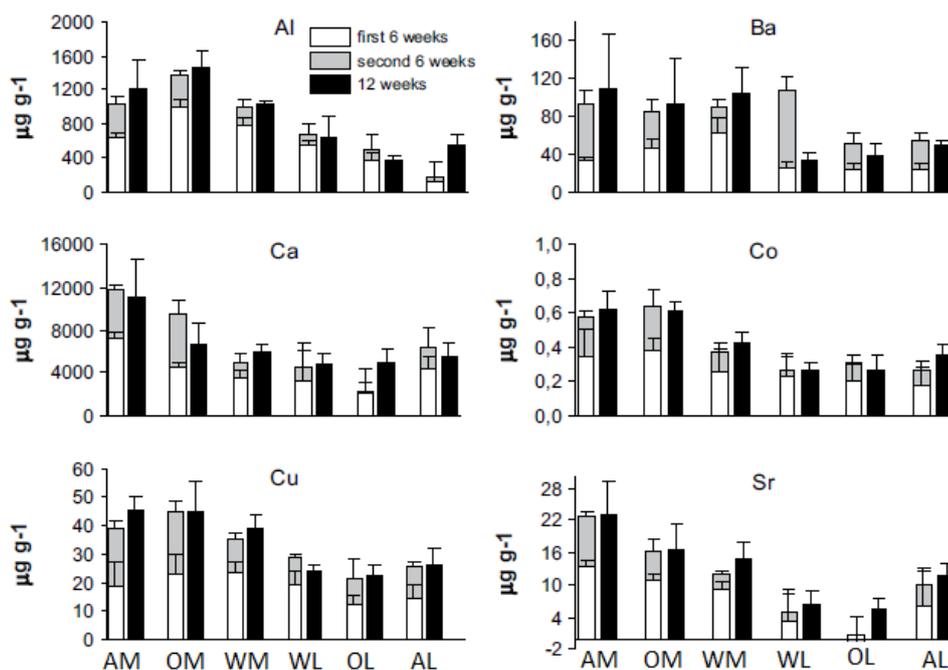


Рисунок 3 – Концентрации химических элементов в разных пробах за три экспозиционных периода.

Проведены методологические обзоры по методу активного биомониторинга, в которых частично затрагивалась проблема выбора оптимального времени экспозиции. Например, в работе [7], был сделан вывод, что оптимальное время экспозиции для мох-мешков составляет от одного до полутора месяца.

На основе анализа результатов в рассмотренных статьях можно отметить следующие недостатки в методологии проведения исследований. В большинстве работ использованы высушенные, “мертвые” мхи. В этом случае часть мха может быть утеряна в результате осыпания, что в свою очередь приводит к недостоверности полученных результатов об уровне загрязнения. В связи с этим можно отметить большой разброс измеренных концентраций в большинстве исследований. В зарубежных исследованиях используются как плоские, так и сферические “мох – мешки”, то есть вопрос о влиянии формы мешка на концентрации накопленных во мхе химических элементов изучен недостаточно. Кроме того, результаты измерений с помощью методики “мох-мешок” от способа подготовки мхов к размещению в мешках. В работе [5] использован

экспозиционный период с меняющейся антропогенной нагрузкой, что не позволяет делать однозначные выводы о динамике накопления химических элементов в образцах. В разных исследованиях по-разному определяют достаточное время для активного биомониторинга с помощью мхов. В работе [2,4] его определяют по выходу концентраций на насыщение, а в работах [1,5,6] по максимально накопленным значениям.

2 Методы исследования

2.1 Нейтронно-активационный анализ

Активационный анализ – это высокочувствительный аналитический метод определения качественного и количественного содержания химических элементов в исследуемых образцах, основанный на активации – получении радиоактивного вещества за счет ядерных реакций при облучении вещества протонами, нейтронами, гамма-квантами или другими частицами – и измерении активности излучения образцов.

Анализ, проводимый посредством активации нейтронами – нейтронно-активационный анализ. Чаще всего используют тепловые нейтроны, при облучении которыми большинства элементов протекает только одна ядерная реакция (n,γ) , в результате которой образуется радиоактивный изотоп определяемого элемента. Существуют несколько причин распространенности применения тепловых нейтронов: 1) отсутствует энергетический порог реакции взаимодействия нейтронов с ядрами вещества, 2) многие ядра обладают большим сечением захвата тепловых нейтронов, 3) отсутствие конкурирующих реакций, а, следовательно, помех от других элементов, присутствующих в анализируемом образце, 4) реакторы, испускающие потоки тепловых нейтронов, широко распространены. Однако активационный анализ на тепловых нейтронах мало пригоден для 10 самых легких элементов (H, He, Li, Be, B, C, N, O, F, Ne) по ряду причин: 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. Облучение тепловыми нейтронами используется для определения Li и B, однако это требует применения специальных методов регистрации радиоактивных излучений.

Облучение образцов производится в каналах исследовательского реактора. После облучения и выдержки выполняется измерение спектров гамма-

излучения от образцов. На основании измеренной активности и известных условий облучения определяется химический состав образца.

Для получения массы определяемого элемента в образце в большинстве случаев используют, так называемый, относительный метод анализа. Одновременно с пробой облучают эталоны (стандарты), в которых точно известно количество определяемых элементов, а затем измеряют в идентичных условиях активность радионуклидов в пробах и эталонах. Массу элемента рассчитывают из простого соотношения:

$$\frac{m_i}{m_{\text{эт}}} = \frac{A_i}{A_{\text{эт}}} \quad (2.1)$$

где m_i – масса элемента в образце, мкг;

$m_{\text{эт}}$ – масса элемента в стандарте, мкг;

A_i – активность элемента, содержащегося в образце, Бк;

$A_{\text{эт}}$ – активность элемента, содержащегося в стандарте, Бк.

В качестве эталонов в активационном анализе используют образцы, содержание микроэлементов в которых паспортизировано на основании многочисленных результатов анализа независимыми методиками в различных лабораториях [9, 10].

Для расчета концентраций исследуемого элемента в пробах мха используется формула:

$$C_{x_i} = \frac{A_i \cdot m_{\text{эм}}}{A_{i\text{эт}} \cdot M_i} \left[\frac{\text{мкг}}{\text{г}} \right]. \quad (2.2)$$

где A_i – удельная активность определяемого элемента в i -м образце;

$A_{i\text{эт}}$ – удельная активность данного элемента в образце сравнения, соответствующего данной серии проб;

M_i – масса i -той пробы.

Активность элемента, т.е. активность γ -излучения с энергией E_i , соответствующего данной аналитической γ -линии, пропорциональна площади под пиком полного поглощения.

$$A_i = \frac{S_i}{n_i \cdot \varepsilon_i \cdot t \cdot m}, \quad (2.3)$$

где S_i - площадь под пиком полного поглощения, соответствующей энергии E_i радионуклида;

t - время измерения спектра радионуклида;

ε_i - эффективность регистрации γ -квантов с энергией E_i ;

n_i - квантовый выход i -ой линии E_i радионуклида, отн.ед.;

m - масса пробы.

Для определения содержания элементов относительным методом используют полученные в результате измерений площади под пиком полного поглощения определяемого элемента в i -ом образце и в образце сравнения. Поскольку n_i , ε_i , t для анализируемых проб и стандартов одинаковы, то A_i пропорциональна $\frac{S_i}{m_i}$.

Таким образом, расчетная формула для концентрации i -го элемента принимает вид [11]:

$$C_{x_i} = \frac{S_i \cdot m_{эм}}{S_{iэм} \cdot M_i} \left[\frac{\text{мкг}}{\text{г}} \right], \quad (2.4)$$

где S_i - площадь под пиком полного поглощения определяемого элемента в i -м образце;

$S_{iэм}$ - площадь под пиком полного поглощения данного элемента в образце сравнения.

Особенностью активационного анализа является то, что он основан на свойствах ядер, а не внешних электронов. Таким образом, активационный анализ является методом элементного анализа, он может быть использован только косвенно, в некоторых специальных случаях, для анализа молекул. Кроме того, благодаря этой особенности, его можно использовать для обнаружения различных изотопов одного элемента. Основное достоинство активационного анализа заключается в его высокой чувствительности. Еще одно преимущество: результаты анализа не зависят от чистоты реактивов, применяемых при

подготовке образца к конечному определению, а ведь даже небольшие количества примесей определяемых элементов, присутствующих в реактивах, часто затрудняют реализацию высокой чувствительности химических и физико-химических методов анализа.

2.2 Гамма-спектрометрия

Спектрометрия представляет собой совокупность методов исследования спектров ядерных излучений. Под спектром понимают распределение числа частиц по измеряемым величинам или параметрам, приведённое к некоторым стандартным условиям. В гамма-спектрометрии таким параметром, как правило, является энергия γ -квантов, испускаемых ядрами. Поэтому одной из основных характеристик ядерного излучения является энергетический спектр.

Гамма-спектрометр – прибор для определения энергии γ -квантов. Регистрация γ -кванта в гамма-спектрометре, как правило, основана на трех основных процессах взаимодействия γ -кванта с веществом – фотоэффекте, Комптон-эффекте и рождении электрон-позитронной пары. В гамма-спектрометре измеряются энергии электронов и позитронов, которым γ -квант передает свою энергию в детектирующем материале. Регистрация γ -квантов с энергией ниже порога рождения пары (1.02 МэВ) осуществляется по комптоновским электронам и фотоэлектронам. В области совсем малых энергий (десятки кэВ) основную роль играет фотоэффект. При высоких энергиях основным процессом взаимодействия γ -кванта с детектирующим материалом гамма-спектрометра является образование пар. Если, например, γ -квант с энергией E вызвал в детекторе фотоэффект, то кинетическая энергия выбитого из атома детектора электрона (фотоэлектрона) E_e с точностью до незначительной энергии отдачи атома определяется равенством $E_e = E - I$, где I – хорошо известная для каждого атома энергия (потенциал) ионизации, составляющая единицы – десятки эВ для атомов с невысоким порядковым номером. Таким образом, энергия γ -кванта определяется посредством измерения в гамма-спектрометре энергии электрона E_e .

В данной работе применяется полупроводниковый спектрометр. Действие полупроводниковых гамма-спектрометров основано на образовании γ -излучением в объёме полупроводникового кристалла (обычно Ge с примесью Li) электронно-дырочных пар. Возникающий при этом заряд собирается на электродах и регистрируется в виде электрического сигнала, величина которого определяется энергией γ -квантов. Полупроводниковые гамма-спектрометры обладают весьма высокой разрешающей способностью, что обусловлено малой энергией, расходуемой на образование одной электронно-дырочной пары.

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. Однако, существуют и недостатки. Прежде всего, это невозможность определения элементов, дающих при облучении радиоактивные изотопы, которые являются чистыми α - или β -излучателями. Существует ограничение гамма-спектрометрического метода – сложность обработки результатов измерений, которая требует соответствующей квалификации исполнителя. Точная качественная и количественная интерпретация сложных гамма-спектров требует понимания и учёта многих факторов, которые могут воздействовать на форму спектра в данной экспериментальной ситуации [12].

3 Эксперимент

Отбор мхов проведен в мае 2017 г. на экологически чистом участке, расположенным на расстоянии 50 км и более от населенных пунктов. Образцы мха *Pyralisia Polyantha* отбирали с коры тополей на высоте 1 м.

При изготовлении планшетов использованы следующие материалы: для подложки – нейлоновая сетка с мелкой ячейкой 2 мм; для крепления – хлопчатобумажная нить. Из нейлоновой сетки с мелкой ячейкой были вырезаны прямоугольники размером формата А4. На каждый такой прямоугольник были выложены в один слой образцы мха толщиной примерно 5 мм, не подвергавшиеся никакой химической или термической обработке. При этом из мха удаляли мелкие веточки и сухие участки мха. Мох крепили к основе, прошивая крупными стежками хлопчатобумажных ниток. Изготовленные планшеты крепили с помощью металлических скоб к коре тополей и берез на высоте 1,5 м. Часть мха разместили в бумажные пакеты и хранили в лаборатории для определения фона.

При изучении влияния длительности экспозиции необходимо наличие примерно одинакового уровня загрязнения атмосферного воздуха. Можно предположить, что данное условие в той или иной степени выполняется в течение сравнительно небольших периодов экспозиции (≤ 4 недели) и определенных сезонных условий. Исследования проводили вблизи двух автомагистралей в летне-осенний период с начала июля до конца октября 2018г. На расстоянии ~10 м от автомагистралей с разной интенсивностью движения были выбраны 2 участка. Участок №1 – Кузовлевский тракт, участок №2 – улица Осенняя (Рис.4). Период экспозиции составлял от одного до 4-х месяцев: 1 месяц в июле, 2 месяца в июле-августе, 3 месяца в июле-сентябре и 4 месяца в июле-октябре. Для каждого периода экспозиции размещали по 2 образца.

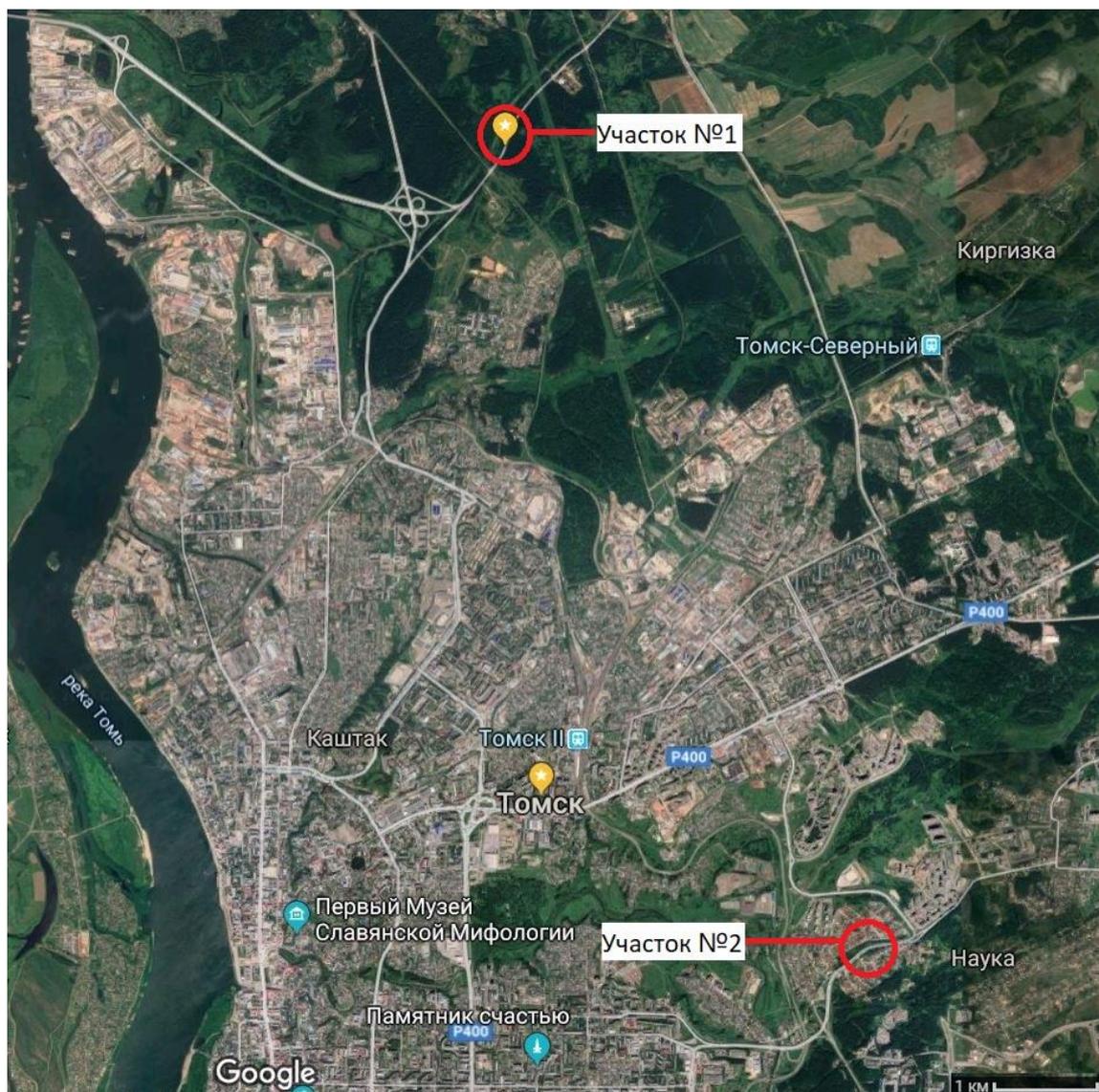


Рисунок 4 – Расположение экспериментальных площадок

После сбора и отделения мха от планшетов образцы в лабораторных условиях подготавливали к проведению нейтронно-активационного анализа (НАА). Сначала образцы промывали в дистиллированной воде, очищали, отделяли верхнюю зеленую часть, сушили, измельчали. Далее из каждого образца изготавливали по две параллельные пробы диаметром 1 см и массой 0,15-0,2 г. НАА проводили в лаборатории исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т ТПУ (РФ). В исследуемых образцах мха определены концентрации 25-ти химических элементов: As, Ba, Br, Ca, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, La, Lu, Mo, Nd, Rb, Sb, Sc, Sm, Sr, Tb, Th, U, Yb, Zn.

4 Результаты и обсуждение

Результаты НАА для образцов, размещенных вблизи автомагистралей в 2018 г показывают, что для всех периодов экспозиции средние концентрации половины элементов превышают фоновый диапазон, кроме Nd. Концентрации данного элемента либо не определились, либо определились с большой погрешностью, поэтому не рассматривали в работе. На участке №1 фон превышают следующие элементы: Co, Cs, Eu, Lu, Rb, Sb, Th, U, Yb (Рис.5-7, Приложение А); а для участка №2: Co, Cr, Cs, Eu, Lu, Sb, Sc, Sm, Th, U, Yb (Рис.8-10, Приложение Б). Известно, что причиной повышенного уровня загрязнения атмосферного воздуха Co, Cr, Sb, Sc являются выхлопы и износ шин. Остальные элементы являются рассеянными редкоземельными элементами, которые содержатся в пыли. Из полученных результатов видно, что Co, Cs, Eu, Lu, Sb, Th, U, Yb превышают фон на двух участках. Причем более высокие концентрации этих элементов наблюдаются в образцах, размещенных на участке №2, то есть вблизи автомагистрали с более интенсивным движением.

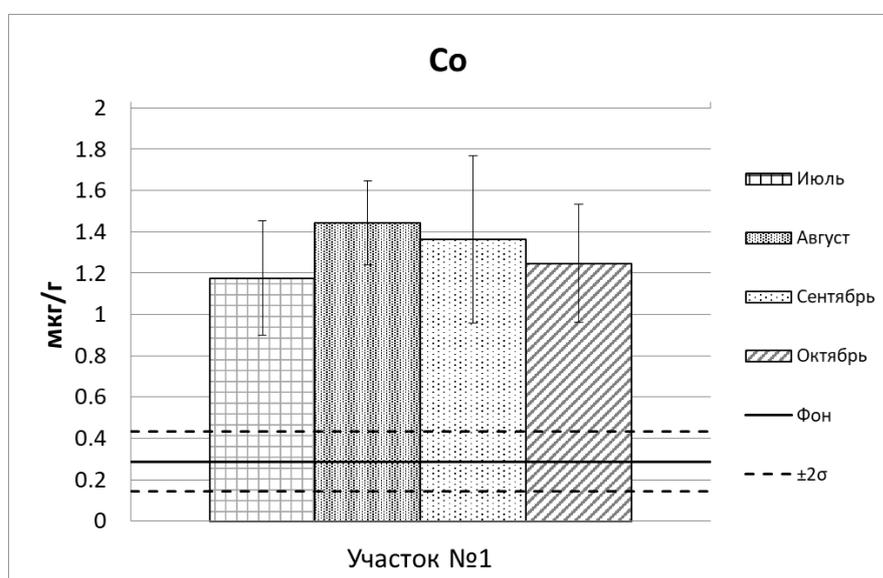


Рисунок 5 – Средние значения и среднеквадратичные отклонения концентраций Co для участка №1, мкг/г.

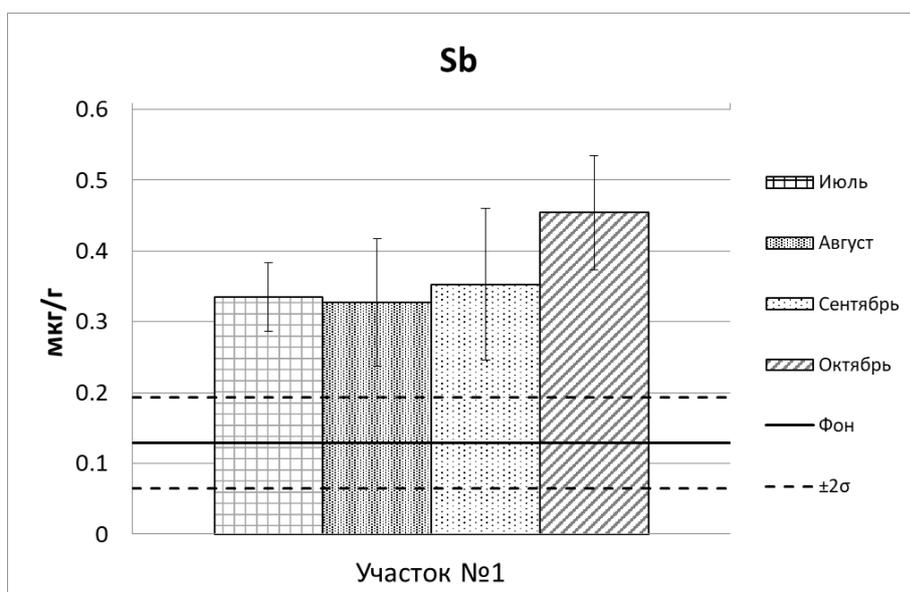


Рисунок 6 – Средние значения и среднеквадратичные отклонения концентраций Sb для участка №1, мкг/г.

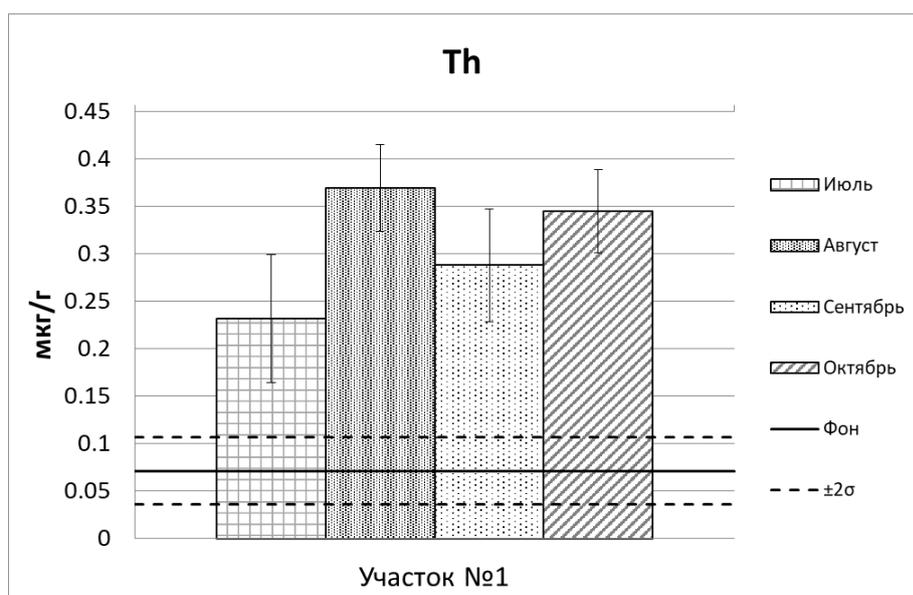


Рисунок 7 – Средние значения и среднеквадратичные отклонения концентраций Th для участка №1, мкг/г.

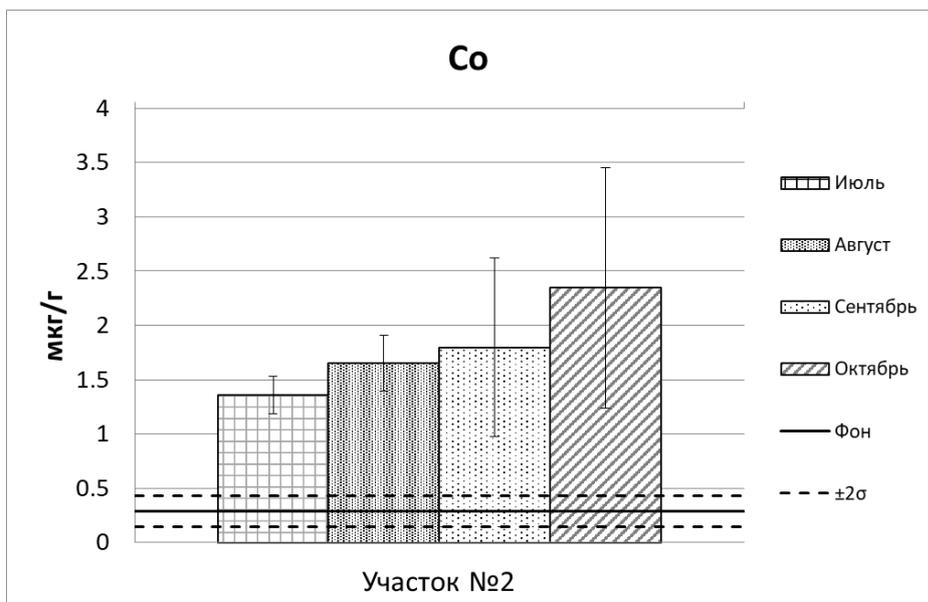


Рисунок 8 – Средние значения и среднеквадратичные отклонения концентраций Co для участка №2, мкг/г.

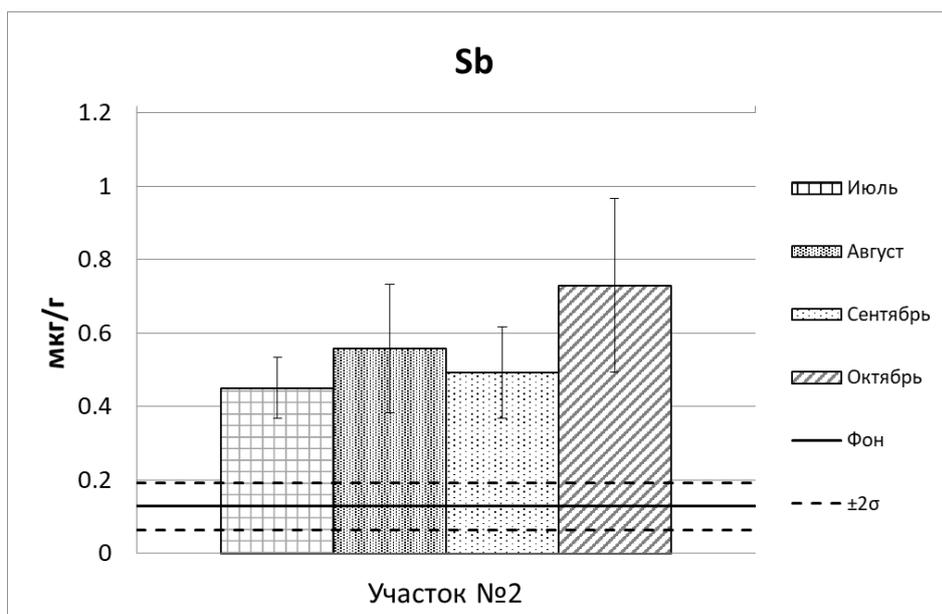


Рисунок 9 – Средние значения и среднеквадратичные отклонения концентраций Sb для участка №2, мкг/г.

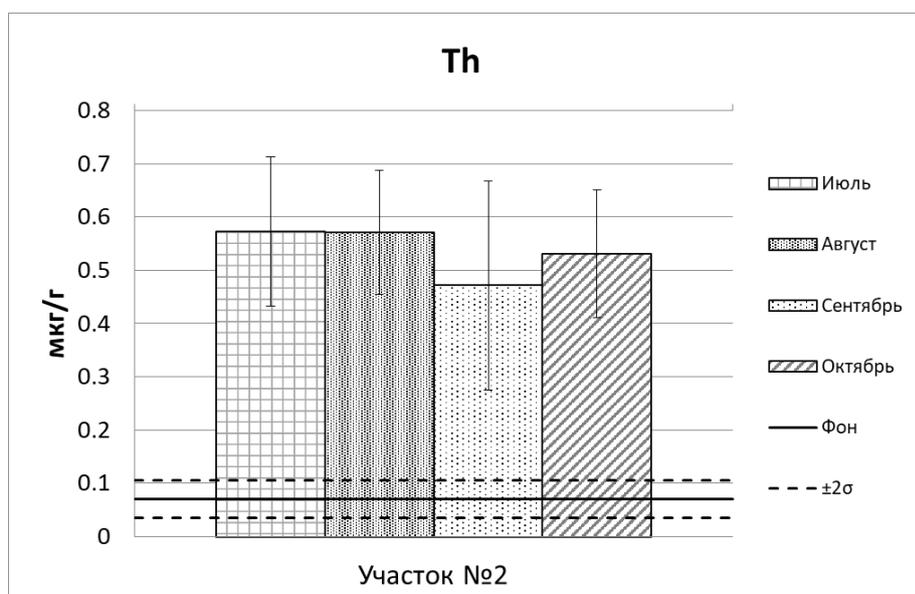


Рисунок 10 – Средние значения и среднеквадратичные отклонения концентраций Th для участка №2, мкг/г.

Концентрации всех элементов, превышающих фоновый диапазон, практически (в пределах среднеквадратичных отклонений) не зависят от времени экспозиции. Отсутствие выраженной зависимости концентраций химических элементов от длительности экспозиции свидетельствует о том, что накопление этих элементов происходит в основном, в течение первого месяца. Таким образом, способность к аккумуляции выше перечисленных элементов эпифитным мхом *Pylaisia Polyantha* обладает свойством насыщения. Однако, время экспозиции, рекомендованное в приведенных выше работах, составляет в среднем 2 месяца, тогда как проведенное нами исследование говорит о насыщении накопленными элементами уже после одного месяца. Эта разница может быть связана с тем, что в приведенных выше источниках используются высушенные наземные мхи, т.е. мхи использовали в качестве адсорбентов. Стоит заметить, что часть элементов, чьи концентрации превышают фоновые значения, а именно Co, Sb, Cr, Sc во многих работах считаются следовыми элементами выхлопов автотранспорта [13, 14], а Th связывают с дорожной пылью [15].

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

Потенциальные потребители: исследовательские институты и муниципальные учреждения мониторинга загрязнения воздуха.

5.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения

подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

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.

Анализ конкурентных технических решений 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.

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок) представлена в таблице 2. Для сравнения выбраны инструментальный метод мониторинга загрязнения воздуха (K_1) и метод отбора проб снега (K_2).

Таблица 2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_ϕ	B_{K1}	B_{K2}	K_ϕ	K_{K1}	K_{K2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,027	2	3	1	0,054	0,081	0,027
2. Удобство в эксплуатации	0,107	3	4	1	0,321	0,428	0,107
3. Помехоустойчивость	0,12	3	3	3	0,36	0,36	0,36
4. Энергоэкономичность	0,04	4	3	4	0,16	0,12	0,16
5. Надежность	0,12	4	5	4	0,48	0,6	0,48
7. Безопасность	0,053	4	4	3	0,212	0,212	0,159
8. Потребность в ресурсах памяти	0,027	5	4	5	0,135	0,108	0,135
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,08	4	2	3	0,32	0,16	0,24
10. Простота эксплуатации	0,093	5	3	5	0,465	0,279	0,465

Экономические критерии оценки эффективности							
1. Готовность потребителей использовать разработку	0,067	3	4	2	0,201	0,268	0,134
2. Затраты	0,12	5	2	4	0,6	0,24	0,48
3. Возможность привлечения средств для разработки	0,067	3	4	3	0,201	0,268	0,201
4. Наличие стандартизированной методики	0,08	4	5	4	0,32	0,4	0,32
Итого	1	49	46	42	3,829	3,524	3,268

Уязвимость позиций конкурентов обусловлена для конкурентной технологии К1 использованием громоздкого и дорогого оборудования, невозможностью проводить мониторинг в течение длительного времени и одновременно охватывать большие территории, как следствие, невозможность определения пространственного распределения концентраций загрязняющих веществ и их распространения; для конкурентной технологии К2 – неудобством процедуры отбора проб для проведения мониторинга и её длительностью.

Конкурентное преимущество представляемой разработки заключается в высокой функциональности (определение пространственного распределения концентраций химических элементов в воздухе и их распространение, изучение физических параметров приземного слоя атмосферы), низкой стоимости, удобстве и простоте эксплуатации.

Развитие данной технологии должно происходить по следующим направлениям: повышение помехоустойчивости и надежности, стандартизация метода и разработка спецификации.

5.1.2 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.

SWOT-анализ заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде (таблица 3).

Таблица 3 – Матрица SWOT

	<p style="text-align: center;">Сильные стороны проекта</p> <p>С1. Простота отбора образцов.</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Простота обработки результатов.</p> <p>С4. Возможность отбора образцов в любое время года.</p> <p>С5. Возможность изучения физических параметров атмосферы.</p> <p>С6. Длительное время экспозиции (от нескольких месяцев до 10-15 лет).</p>	<p style="text-align: center;">Слабые стороны проекта</p> <p>Сл1. Необходимо много образцов для более точного результата.</p> <p>Сл2. Большие погрешности при измерении концентраций методом НАА.</p> <p>Сл3. Многоэтапность и длительность пробоподготовки.</p> <p>Сл4. Процессы турбулентности атмосферы и влияния её на движение частиц сложной формы очень сложны и поэтому моделей для математического описания гравитационного оседания частиц не существует.</p> <p>Сл5. Зависимость от качества работы атомных анализаторов.</p>
<p style="text-align: center;">Возможности</p> <p>В1. Использование результатов исследования для оценки и прогнозирования загрязнений атмосферы.</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p>В3. Сотрудничество с рядом новых организаций.</p> <p>В4. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p> <p>В5. Разработка нового полуэмпирического метода оценки параметров приземного слоя атмосферы.</p>	<p style="text-align: center;">Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»</p> <p>1. Простота обработки результатов дает возможность увеличить спрос на технологию.</p> <p>2. Надежность и безопасность метода дает возможность установить сотрудничество с рядом новых организаций.</p> <p>3. Длительное время экспозиции позволяет исключить использование известных инструментальных методов измерения, что снижает себестоимость работ.</p>	<p style="text-align: center;">Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»</p> <p>1. Многоэтапность пробоподготовки образцов приводит к тому, что данный метод оценки займет время от недели до месяца, что нельзя назвать оперативным.</p> <p>2. Приоритет конкурентных организаций из-за длительного срока исследований.</p> <p>3. Большие погрешности измерений приводят к большим погрешностям в оценке значений исследуемых величин.</p>

Продолжение таблицы 3

	<p align="center">Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»</p> <p>4. Исследование актуально и не имеет аналогов.</p>	<p align="center">Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»</p> <p>4. Зависимость от качества работы приборов приводит к тому, что при неполадках в лаборатории и нарушении этапов существует возможность получить неточные результаты или испортить образцы.</p> <p>5. Отсутствие существующей математической модели, описывающей гравитационное оседание частиц сложной формы в турбулентной атмосфере, усложняет математическую обработку и трактовку полученных результатов.</p>
<p align="center">Угрозы</p> <p>У1. Необходимость работ на АЭС. У2. Конкуренция. У3. Отсутствие финансирования со стороны, как университета, так и государства. У4. Сложность поставки образцов для исследований. У5. Нежелание многих предприятий сотрудничать. У6. Отсутствие подходящей растительности в зоне действия предприятия.</p>	<p align="center">Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»</p> <p>1. Экологичность технологии дает преимущество перед конкурентными разработками. 2. Обработка результатов без применения сложных программ позволяет быстро осуществлять анализ.</p>	<p align="center">Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»</p> <p>1. Невостребованность технологии за счет ее неустойчивой конкурентоспособности. 2. Стагнация исследований из-за отсутствия финансирования.</p>

На основе результатов проведенного анализа можно сделать вывод о трудностях и проблемах, с которыми так или иначе может столкнуться исследовательский проект. Сильные стороны дают возможность устанавливать сотрудничество с новыми организациями за счет надежности и безопасности представленной технологии и увеличить на нее спрос. Слабые стороны

разработки порождают такие угрозы, как не востребованность технологии за счет ее неустойчивой конкурентоспособности и стагнации исследований из-за отсутствия финансирования; сложность пробоподготовки образцов значительно увеличит время проведения оценки состояния атмосферы представленным методом. Однако осуществление обработки результатов измерения концентраций загрязняющих элементов в образцах мхов без применения сложных программ позволяет ускорить процесс обработки данных, что компенсирует время, потраченное на пробоподготовку. Из рассмотренных сторон можно сделать вывод о необходимости вынесения данной технологии на российский рынок.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

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 2 до 15 человек. В рамках выполнения бакалаврской работы рабочая группа, обычно, состоит из дипломника и научного руководителя от ВУЗа. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок этапов и работ при выполнении бакалаврской работы приведен в таблице 4.

Таблица 4 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка технического задания на НИР	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
Выбор направления исследования	3	Разработка общей методики проведения исследований	Руководитель Инженер
	4	Выбор направления исследования	Руководитель
	5	Календарное планирование работ по теме	Инженер
Теоретические исследования	6	Анализ литературных источников	Инженер
	7	Проведение тестовых ручных расчетов	Инженер
	8	Сравнение тестовых расчетов с реальными данными	Инженер
	9	Практический расчет	Инженер
	10	Корректировка расчетов	Инженер
	11	Отчет перед руководителем	Инженер
Обобщение и оценка результатов	12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель Инженер
	13	Составление и оформление расчетов	Руководитель Инженер
	14	Определение целесообразности проведения НИР	Руководитель Инженер
	15	Составление пояснительной записки	Инженер
	16	Подготовка к защите темы	Инженер

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

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 $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5}.$$

где $t_{ожі}$, чел – дн – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы;

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

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

$$t_{ож1} = \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8,$$

$$t_{ож2} = \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 6}{5} = 4,8,$$

$$t_{ож3} = \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8,$$

$$t_{ож4} = \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 2,2,$$

$$t_{ож5} = \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8,$$

$$t_{ож6} = \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 6}{5} = 4,8,$$

$$t_{ож7} = \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 6 + 2 \cdot 8}{5} = 6,8,$$

$$t_{ож8} = \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8,$$

$$t_{ож9} = \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 6 + 2 \cdot 8}{5} = 6,8,$$

$$t_{ож10} = \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8,$$

$$t_{ож11} = \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8,$$

$$t_{ож12} = \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8,$$

$$t_{ож13} = \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 9 + 2 \cdot 11}{5} = 9,8,$$

$$t_{ож14} = \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 7}{5} = 5,8,$$

$$t_{ож15} = \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8,$$

$$t_{ож16} = \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 6}{5} = 4,8.$$

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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}.$$

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

$t_{ожi}$, чел. – дн. – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы;

$Ч_i$, чел. – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе.

Таблица 5 – Продолжительность работ в рабочих днях.

№	$t_{ожi}$, чел-дн	$Ч_i$, чел.	T_{pi} , дней
1	2,8	1	3
2	4,8	1	5
3	3,8	2	2
4	1,8	1	2
5	3,8	1	4
6	4,8	1	5
7	6,8	1	7
8	2,8	1	3
9	6,8	1	7
10	2,8	1	3
11	3,8	1	4

12	3,8	2	2
13	9,8	2	5
14	5,8	2	3
15	2,8	1	3
16	4,8	1	5

Общая продолжительность исследования – 63 дня.

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \text{ кал. дн.}$$

где T_{ki} , кал. дн. – продолжительность выполнения i -й работы;

T_{pi} , раб. дн. – продолжительность выполнения i -й работы;

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году; 365

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году; 52

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году. 14

В 2019 году 118 выходных и праздничных дней. Расчетная величина продолжительности работ T_{ki} была округлена до целых чисел. Расчетные данные сведены в таблице 6, на основании которой был построен календарный план-график.

Расчет для первой работы:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 3 \cdot 1,22 = 3,66 \approx 4.$$

Таблица 6 – Временные показатели проведения НИОКР

<i>i</i>	<i>t_{min.i}</i>	<i>t_{max.i}</i>	<i>t_{ож.i}</i>	<i>Ч_i</i>	<i>T_{pi}</i>	<i>T_k</i>
1	2	4	2,8	1	3	4
2	4	6	4,8	1	5	6
3	3	5	3,8	2	2	2
4	1	3	2,2	1	2	2
5	3	5	4,8	1	4	5
6	4	6	3,8	1	5	6
7	6	8	6,8	1	7	9
8	2	4	2,8	1	3	4
9	6	8	6,8	1	7	9
10	2	4	2,2	1	3	4
11	3	5	3,8	1	4	5
12	3	5	3,8	2	2	2
13	9	11	9,8	2	5	6
14	5	7	5,8	2	3	4
15	2	4	3,8	1	3	4
16	4	6	5,8	1	5	6
Итого			71,8	-	63	78

На основе таблицы 6 строится календарный план-график. 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 в таблице 7.

5.2.4.1 Расчет материальных затрат

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 (проведение испытаний, контроль, содержание, ремонт и эксплуатация оборудования, зданий, сооружений, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, инвентаря, приборов, лабораторного оборудования и других средств труда, не относимых к основным средствам, износ спецодежды и других малоценных и быстроизнашивающихся предметов;

- 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);

В материальные затраты, помимо вышеуказанных, включаются дополнительно затраты на канцелярские принадлежности, диски, картриджи и т.п. Однако их учет ведется в данной статье только в том случае, если в научной организации их не включают в расходы на использование оборудования или накладные расходы. В первом случае на них определяются соответствующие нормы расхода от установленной базы. Во втором случае их величина учитывается как некая доля в коэффициенте накладных расходов.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расх}i}$$

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

$N_{расхi}$ – 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.

Расчет затрат для одного наименования:

$$З_1 = (1 + 0,15) \cdot 106 \cdot 2 = 243,8$$

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, занесены в таблицу 8.

Таблица 8 – Материальные затраты.

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Нейлоновая сетка	м	2	106	243,8
Марля	м	2	43	96,6
Нитки	шт	1	29	66,7
Фольга	м	2	24	55,2
Итого				462,3

Материальные затраты составили 462 рубля.

5.2.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Так как оборудование специально для проекта не покупается, то рассчитывается амортизация оборудования на время проекта. В таблице 10 рассчитаны затраты на амортизацию оборудования на период проведения исследовательской работы.

Таблица 9 – Расчет бюджета затрат на спецоборудование для научных работ.

Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Срок службы	Общая стоимость оборудования, руб.
Спектрометр	1	7700	5 лет	7700
Итого:				7700

5.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Затраты на оплату труда работников, непосредственно занятых выполнением НИОКР, включает в себя основную заработную плату работников (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

где $Z_{осн}$, руб – основная заработная плата;

$Z_{доп}$, руб – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата руководителя (лаборанта, инженера) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

где Z_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. 251

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p,$$

где Z_{tc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{tc});

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 Z_{tc});

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таким образом заработная плата руководителя за период исследования:

$$Z_m = 23265 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 45367 \text{ руб.}$$

$$Z_{дн} = \frac{45367 \cdot 10,4}{251} = 1880 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн} = 1880 \cdot 17 = \mathbf{31960} \text{ руб.}$$

Заработная плата младшего научного сотрудника 1 степени за период исследования:

$$Z_m = 14875 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 29006 \text{ руб.}$$

$$Z_{дн} = \frac{29006 \cdot 11,2}{251} = 1294 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн} = 1294 \cdot 58 = \mathbf{69716} \text{ руб.}$$

5.2.4.4 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:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}),$$

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 6 ч. 1 ст. 58 Закона 212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2019 году вводится пониженная ставка – 28% .

Страховые отчисления на исполнителей:

$$Z_{\text{внеб } 1} = 0,28 \cdot 31960 = 8948,8 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{внеб } 2} = 0,28 \cdot 69716 = 19520,48 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{внеб } 1} + Z_{\text{внеб } 2} = 8948,8 + 19520,48 = \mathbf{28469,3 \text{ руб}}$$

5.2.4.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов. В данном исследовании необходимо рассчитать затраты на электроэнергию. Потребляемая мощность спектрометра 0,5 кВт/ч, время работы 42 ч. Стоимость 1 кВт/час – составляет 5,8 руб.

Таким образом, накладные расходы составляют:

$$Z_{\text{накл}} = C \cdot k_{\text{нр}} = 0,5 \cdot 42 \cdot 5,8 = \mathbf{122 \text{ руб.}}$$

где C – расходы на электроэнергию;

$k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы, 16%.

5.2.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 10.

Таблица 10 – Расчет бюджета затрат НТИ.

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	462	Пункт 5.2.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	7700	Пункт 5.2.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	101676	Пункт 5.2.4.3
4. Отчисления во внебюджетные фонды	28469,3	Пункт 5.2.4.4
5. Накладные расходы	122	Пункт 5.2.4.5
6. Бюджет затрат НТИ	137514	Сумма ст. 1- 5

Бюджет затрат НТИ составил 137514 руб.

5.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности исследования представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта.

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Безопасность	0,2	5	3
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	2
3. Помехоустойчивость	0,15	3	3
4. Энергоэффективность	0,1	3	2
5. Надежность	0,15	4	3
6. Потребность в ресурсах памяти	0,25	4	5
ИТОГО	1	-	-

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 = 3,95,$$

$$I_{p-исп2} = 3 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,25 = 3,25.$$

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}} = \frac{3,95}{0,5} = 7,9,$$

$$I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} = \frac{3,25}{0,73} = 4,45,$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (таблица 12).

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} = \frac{7,9}{4,45} = 1,78.$$

Таблица 12 – Сравнительная эффективность разработки.

Пп/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,95	3,25
2	Интегральный показатель эффективности	7,9	4,45
3	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,78	

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

6 Социальная ответственность

В современных условиях одним из основных направлений коренного улучшения всей профилактической работы по снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости является повсеместное внедрение комплексной системы управления охраной труда, то есть путем объединения разрозненных мероприятий в единую систему целенаправленных действий на всех уровнях и стадиях производственного процесса.

Охрана труда – это система законодательных, социально-экономических, организационных, технологических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда (Федеральный закон «Об основах охраны труда» от 17.07.1999 г. № 181-ФЗ) [16].

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

Опасным производственным фактором, согласно [16], называется такой производственный фактор, воздействие которого в определенных условиях приводят к травме или другому внезапному, резкому ухудшению здоровья.

Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего, в определенных условиях, приводит к заболеванию или снижению трудоспособности.

6.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием опасных и вредных факторов, которые классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические, психофизиологические. Опасные и вредные факторы, сформированные производственным процессом, приведены в таблице 13.

Таблица 13 – 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	
Обработка результатов измерений на ПК	Электромагнитное излучение, шум, вибрация	Электрический ток	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. «Гигиенические требования к ПЭВМ и организация работы»
		Пожароопасность	ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации

При проведении исследования и обработке результатов измерений на ПК на студента воздействуют следующие факторы:

- физические:
 - температура и влажность воздуха;
 - шум;
 - статическое электричество;
 - электромагнитное поле низкой частоты;
 - освещённость;
 - наличие излучения;
- психофизиологические

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы, делятся на: физические перегрузки (статические, динамические) и нервно-

психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

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

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 специальное удостоверение.

Лица, обслуживающие электроустановки не должны иметь увечий и болезней, мешающих производственной работе. Состояние здоровья устанавливается медицинским освидетельствованием.

6.2.2 Организация рабочего места оператора ПК

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, как на рисунке 9.

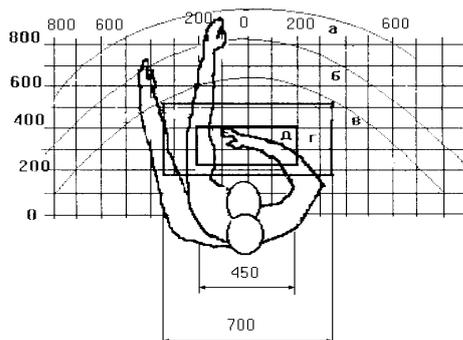


Рисунок 11 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости: а – зона максимальной досягаемости рук; б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в – зона легкой досягаемости ладони; г – оптимальное пространство для грубой ручной работы; д – оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости рук: *дисплей* размещается в зоне а (в центре); *клавиатура* – в зоне г/д; *системный блок* размещается в зоне б (слева); *принтер* находится в зоне а (справа); *документация*: в зоне легкой досягаемости ладони - в (слева) – литература и документация, необходимая при работе; в выдвижных ящиках стола – литература, не используемая постоянно.

При проектировании письменного стола должны быть учтены следующие требования:

1) 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.

2) 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.

3) 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 градусов к нормали экрана. Лучше если угол обзора будет составлять 30 градусов. 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.

4) 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 градусов. Более удобно работать с клавишами, имеющими вогнутую поверхность, четырёхугольную форму с закруглёнными углами. Конструкция клавиши должна обеспечивать оператору ощущение щелчка. Цвет клавиш должен контрастировать с цветом панели.

5) При однообразной умственной работе, требующей значительного нервного напряжения и большого сосредоточения, рекомендуется выбирать неяркие, малоконтрастные цветовые оттенки, которые не рассеивают внимание (малонасыщенные оттенки холодного зеленого или голубого цветов). При работе, требующей интенсивной умственной или физической напряженности, рекомендуются оттенки тёплых тонов, которые возбуждают активность человека.

6.2.3 Условия безопасной работы

Основные параметры, характеризующие условия труда это: микроклимат, шум, вибрация, электромагнитное поле, излучение, освещённость.

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность,

скорость движения воздуха. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата устанавливаются в соответствии с [16] и приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Оптимальные и допустимые параметры микроклимата

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

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.

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 (ЖК-монитор) и системные блоки производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видеокабеля. Согласно [17] 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:

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

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

6.3 Электробезопасность

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с ЭВМ и другими электрическими установками 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 землей металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования.

Оператор ЭВМ работает с электроприборами: компьютером (дисплей, системный блок и т.д.) и периферийными устройствами.

Существует опасность электропоражения в следующих случаях:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей);
- при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- при коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания и блоке дисплейной развёртки.

Электрический ток оказывает на человека термическое, электролитическое, механическое и биологическое воздействие.

Термическое воздействие тока проявляется в ожогах, нагреве кровеносных сосудов и других органов, в результате чего в них возникают функциональные расстройства.

Электролитическое действие тока характеризуется разложением крови и других органических жидкостей, что вызывает нарушения их физико-химического состава.

Механическое действие тока проявляется в повреждениях (разрыве, расслоении и др.) различных тканей организма в результате электродинамического эффекта.

Биологическое действие тока на живую ткань выражается в опасном возбуждении клеток и тканей организма, сопровождающемся произвольными судорожными сокращениями мышц. В результате такого возбуждения может возникнуть нарушение и даже полное прекращение деятельности органов дыхания и кровообращения.

Причинами смерти от воздействия электрического тока могут быть остановка сердца или его фибрилляция. Фибрилляция (от лат. fibra - волокно). Хаотическое сокращение отдельных волокон сердечной мышцы, не способное

поддерживать его эффективную работу и самостоятельно (без энергичных лечебных мер) не проходящее., прекращение дыхания и электрический шок - своеобразная нервно-рефлекторная реакция организма в ответ на сильное раздражение электрическим током, сопровождающаяся расстройством кровообращения, дыхания, обмена веществ и т.д. Шоковое состояние может продолжаться от нескольких десятков минут до суток. При длительном шоковом состоянии может наступить смерть.

Мероприятия по обеспечению электробезопасности электроустановок:

- отключение напряжения с токоведущих частей, на которых или вблизи которых будет проводиться работа, и принятие мер по обеспечению невозможности подачи напряжения к месту работы.
- вывешивание плакатов, указывающих место работы
- заземление корпусов всех установок через нулевой провод.
- покрытие металлических поверхностей инструментов надежной изоляцией
- недоступность токоведущих частей аппаратуры (заключение в корпуса электро-поражающих элементов, заключение в корпус токоведущих частей).

6.4 Пожарная и взрывная безопасность

Согласно [18] 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 (112).
3. Принять меры по ликвидации аварии в соответствии с инструкцией.

Заключение

В работе проведено изучение динамики накопления тяжелых металлов мхами-трансплантатами вблизи автомагистралей. С этой целью выполнен ряд задач:

- 1) Проведены поиск и перевод иностранной литературы по теме исследования.
- 2) Проведен анализ исследований по динамике накопления тяжелых металлов во мхах-трансплантатах.
- 3) Отобраны эпифитные мхи *Pyloiszia Polyantha*, изготовлены планшеты и размещены на исследуемой территории с последующим сбором размещенных на разные периоды экспозиции планшетов.
- 4) Выполнена подготовка проб к нейтронно-активационному анализу (НАА).
- 5) Проведены обработка и анализ результатов НАА.

При анализе результатов исследования сделаны следующие выводы:

- 1) По результатам, опубликованным в зарубежной литературе по активному биомониторингу с помощью метода “мох-мешок”, однозначных выводов о динамике накопления сделать нельзя.
- 2) Для исследованных периодов экспозиции (1,2,3,4 месяца) значимая зависимость концентраций химических элементов от времени накопления во мхах-трансплантатах *Pyloiszia Polyantha* не обнаружена.
- 3) Оптимальное время экспозиции мха-трансплантата *Pyloiszia Polyantha* для большинства элементов составляет примерно месяц.
- 4) Мхи-трансплантаты *Pyloiszia Polyantha* могут быть использованы для контроля уровня загрязнения атмосферного воздуха вблизи автомагистралей.

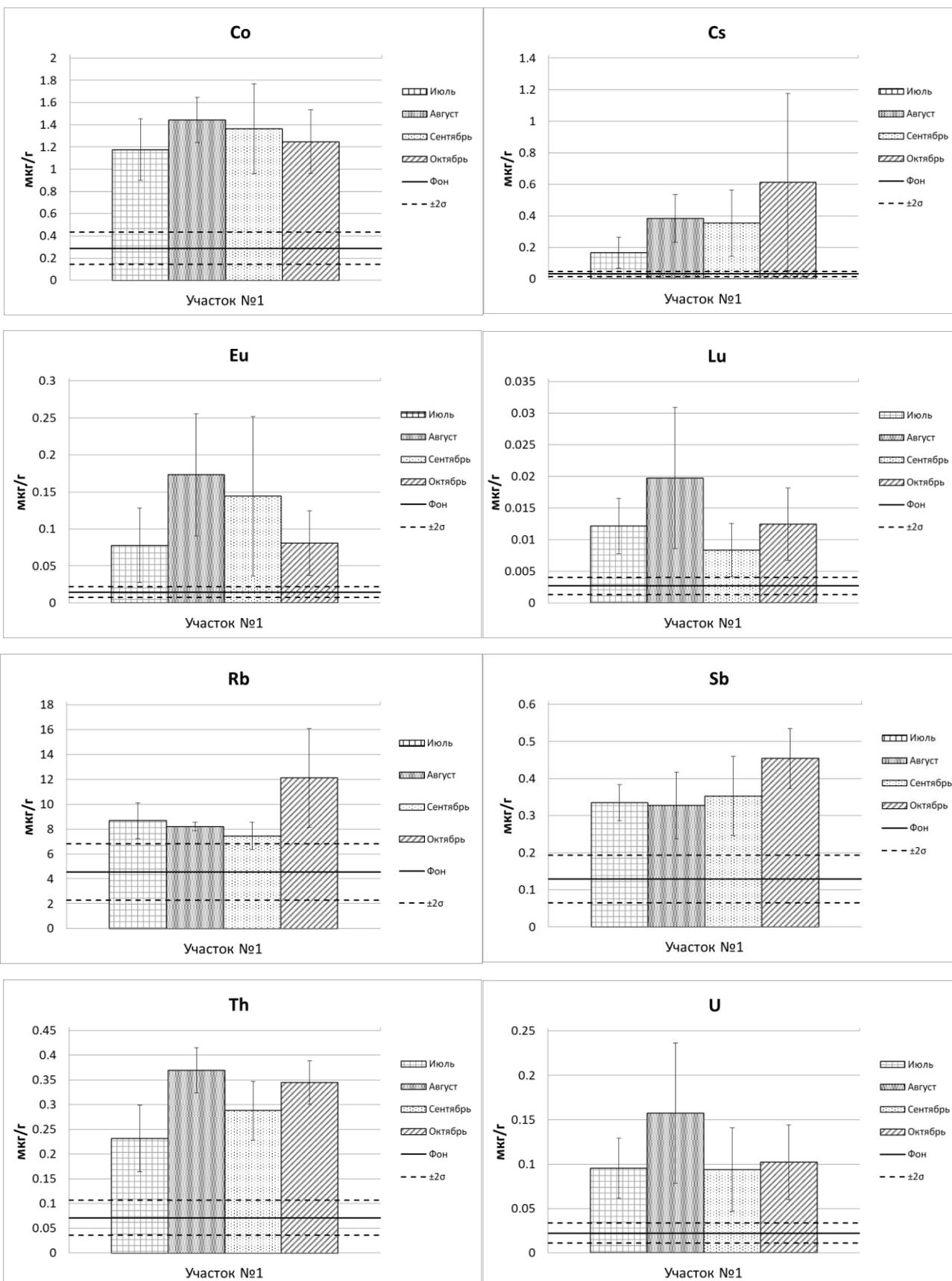
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Isidora Deljanin, Davor Antanasijevic, Gordana Vukovic, Mira Anicic Urosevic, Milica Tomasevic, Aleksandra Peric-Grujic, Mirjana Ristic; Lead spatio-temporal pattern identification in urban microenvironments using moss bags and the Kohonen self-organizing maps// *Atmospheric Environment* 117 (2015) 180 – 186.
2. F. Capozzi, S. Giordano, J.R. Aboal, P. Adamo; Best options for the exposure of traditional and innovative moss bags: A systematic evaluation in three European countries// *Environmental Pollution* 214 (2016) 362-373.
3. Tijana Milićević, Mira Aničić Urošević, Gordana Vuković, Sandra Škrivanj, Dubravka Relić, Marina V. Frontasyeva, Aleksandar Popovićb; Assessment of species-specific and temporal variations of major, trace and rare earth elements in vineyard ambient using moss bags// *Ecotoxicology and Environmental Safety* 144 (2017) 208–215.
4. P. Adamo, S. Giordano, S. Vingiani; Trace element accumulation by moss and lichen exposed in bags in the city of Naples (Italy)// *Environmental Pollution* 122 (2003) 91–103.
5. M. Anicic, M. Tomasevic, M. Tasic, S. Rajsic; Monitoring of trace element atmospheric deposition using dry and wet moss bags: Accumulation capacity versus exposure time// *Journal of Hazardous Materials* 171 (2009) 182–188.
6. S. Giordano, P. Adamo, F. Monaci, E. Pittao, M. Tretiach, R. Bargagli; Bags with oven-dried moss for the active monitoring of airborne trace elements in urban areas// *Environmental Pollution* 157 (2009) 2798–2805.
7. A. Ares, J.R. Aboal, A. Carballeira, S. Giordano, P. Adamo, J.A. Fernández; Moss bag biomonitoring: A methodological review// *Science of the Total Environment* 432 (2012) 143–158.
8. Рогова Н.С., Рыжакова Н.К., Борисенко А.Л., Меркулов В.Г. Изучение аккумуляционных свойств мхов, используемых при мониторинге загрязнения атмосферы// *Оптика атмосферы и океана*. – 2011 – Т. 24 - №.1 – С 79-83

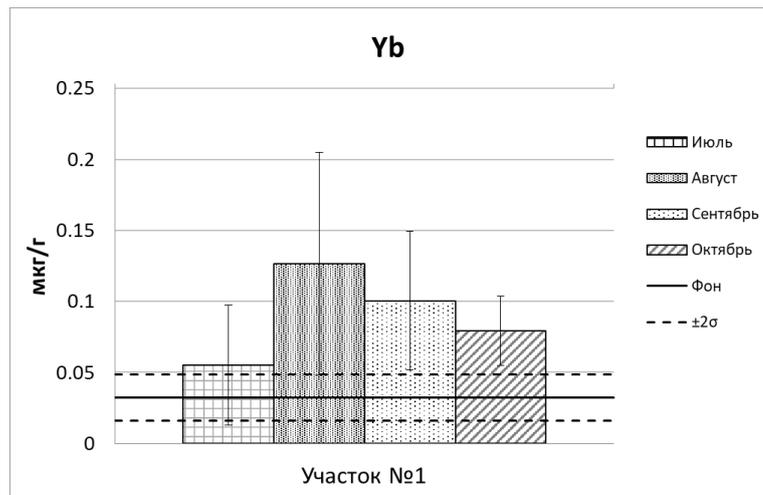
9. Боуэн Г., Гиббонс Д. Радиоактивационный анализ. – М: Атомиздат, 1968 – 230с.
10. Гутько В.И. Активационный анализ: курс лекций. – Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2008. – 74 с.
11. Твэлов Ю. Нейтронный активационный анализ на исследовательских реакторах // Атомная энергия за рубежом. М. – 2002. – №6. – С. 11-14.
12. Бекман И.Н. Измерение ионизирующих излучений: курс лекций. – М.: МГУ им. М.В.Ломоносова, 2006.
13. Clarisse Mariet, André Gaudry, Sophie Ayrault, Mélanie Moskura, Franck Denayer, Nadine Bernard; Heavy metal bioaccumulation by the bryophyte *Scleropodium purum* at three French sites under various influences: rural conditions, traffic, and industry// *Environ Monit Assess* (2011) 174:107–118.
14. Inga Zinicovscaia, Mira Aničić Urošević, Konstantin Vergel, Ecaterina Vieru, Marina V. Frontasyeva, Igor Povar; Active moss biomonitoring of trace elements air pollution in Chisinau, republic of Moldova// *ECOL CHEM ENG S*. 2018;25(3):361-372.
15. Aničić M, Tasić M, Frontasyeva MV, Tomašević M, Rajšić S, Strelkova LP, et al.; Active biomonitoring with wet and dry moss: a case study in an urban area// *Environ Chem Lett*. 2009;7(1):55-60.
16. Федеральный закон «Об основах охраны труда» от 17.07.1999 г. № 181-ФЗ
17. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы».
18. ГОСТ Р12.1.004-85. Пожаро- и взрывобезопасность промышленных объектов. Пожарная безопасность. – М. Стандартинформ, 1985. – 10с.

Приложение А

Концентрации элементов, превышающих фоновый диапазон на участке №1.

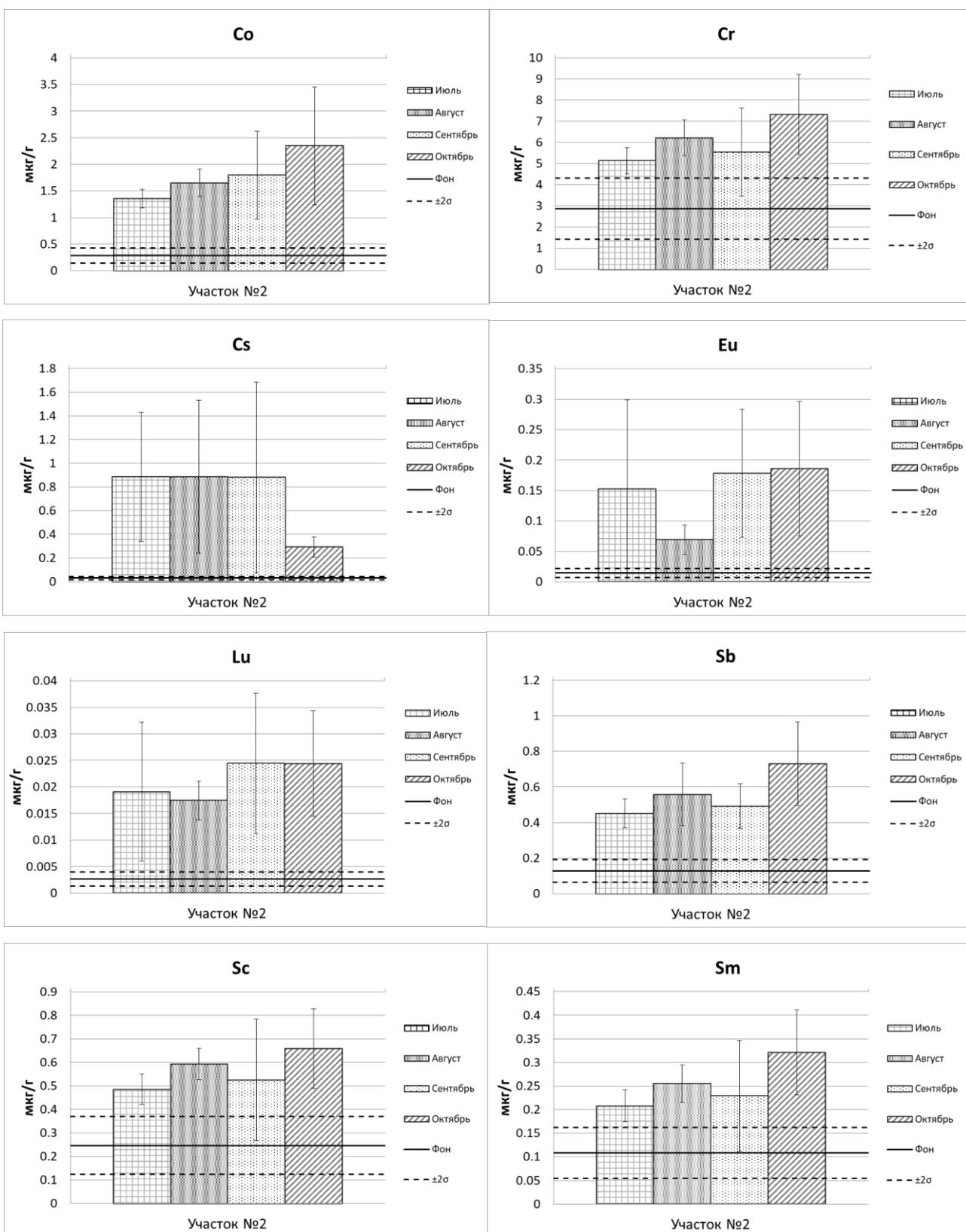


Приложение А (продолжение)



Приложение Б

Концентрации элементов, превышающих фоновый диапазон на участке №2.



Приложение Б (продолжение)

