



МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ»)

ФАКУЛЬТЕТ ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
КАФЕДРА ХИМИИ, ЭКОЛОГИИ И МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ

**Современное радиозэкологическое состояние некоторых
озерных экосистем Восточно-Уральского радиоактивного
следа**

**Выпускная квалификационная работа по направлению
44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)**

**Направленность программы бакалавриата
«Биология. Химия»
Форма обучения очная**

Проверка на объем заимствований:
76,87 % авторского текста

Работа рекомендована защите
(рекомендована/не рекомендована)

«24» мая 2022 г.

Зав. кафедры Химии, экологии и
методики обучения химии
(название кафедры)

Сутягин А.А.

Выполнила:

Студентка группы ОФ-501/068-5-1
Голубева Арина Александровна

Научный руководитель:

д. б. н., к. х. н., доцент
Левина Сима Гершивна

**Челябинск
2022**

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ВОЗНИКНОВЕНИЕ ВОСТОЧНО-УРАЛЬСКОГО РАДИОАКТИВНОГО СЛЕДА: ИСТОРИЯ, ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ	7
1.1 История формирования Восточно-Уральского радиоактивного следа.....	7
1.2 Радиоактивное загрязнение озерных экосистем ВУРСа.....	10
1.3 Мероприятия по ликвидации последствий загрязнения окружающей среды.....	14
Выводы по первой главе.....	16
ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, СОДЕРЖАНИЕ И НАКОПЛЕНИЕ ДОЛГОЖИВУЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЧВАХ ВОДОСБОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМ ВУРСА	18
2.1 Материалы и методы исследования почв водосборных территорий исследуемых озер.....	18
2.2 Краткая характеристика озерных экосистем Травяное и Тыгиш.....	19
2.3 Долгоживущие радионуклиды в супераквальных и элювиальных почвенных ландшафтов территорий водных экосистем Тыгиш и Травяное.....	26
Выводы по второй главе.....	30
ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ФЕСТИВАЛЯ «ПУТЕШЕСТВИЕ В СТРАНУ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК»	31
Выводы по третьей главе.....	39
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	41
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	42

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Методика определения содержания хлорид-ионов в почве аргентометрическим методом по Мору.....	49
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Методика определения РН водной вытяжки.....	51
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 Методика приготовления водной вытяжки.....	52
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 Методика определения сульфат- ионов в присутствии индикатора нитрохромазо.....	55
ПРИЛОЖЕНИЕ 5 Методика массового гамма-спектрометрического анализа.....	56
ПРИЛОЖЕНИЕ 6 Мероприятия, реализуемые в ходе естественнонаучной недели «Путешествие в страну естественных наук».....	59

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Известно, что XIX-XX вв. характеризуются развитием промышленности во всем мире. В 70 гг. вопрос атомной энергетики был особенно актуален, ведь именно такой вид энергии по многим показателям значительно превосходил энергию топлива, которая применяется человечеством в течение всей его истории. Во времена Второй мировой войны в СССР встал вопрос о создании первого атомного реактора, в результате длительных переговоров было принято решение о строительстве атомного реактора на Урале, на равноудалённом месте от двух крупных городов – Челябинска и Свердловска (в настоящее время Екатеринбург). Начиная с мая 1945 г. на Южном Урале начался поиск места для строительства первого атомного реактора. Основным требованием к месту было наличие большого количества воды, которая требуется для охлаждения реактора. В результате чего выбор пал на территорию между г. Кыштым и г. Касли. Это и дало начало закрытому городу Челябинск-40, сейчас г. Озерск. Уже 8 июня 1948 г. известный советский физик И. В. Курчатов осуществил запуск первого промышленного атомного реактора в Советском Союзе. В дальнейшем комплекс приобрел название «Производственное объединение «Маяк» (ПО «Маяк»).

Создание предприятия атомной промышленности во многом обусловило экологическую обстановку не только в Челябинской области, но и в Свердловской и Тюменской областях. В истории ПО «Маяк» есть ряд инцидентов, которые оказали неблагоприятное воздействие на близлежащие территории: сброс жидких радиоактивных отходов в бассейн р. Течи с 1949 г. по 1956 г., который привел к загрязнению р. Течи и р. Исети; взрыв ёмкости-хранилища высокордиоактивных отходов в 1957 г. или «Кыштымская авария», в результате которого образовался Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС); ветровой разнос с оз. Карачай радиоактивных отходов в 1967 г. и образование Карачаевского

следа (КРС). Последствием этих событий стало отселение близко расположенных населенных пунктов и вывод из использования загрязнённых территорий.

Спустя почти 65 лет с момента последнего большого радиационного инцидента на ПО «Маяк» прошло два периода полураспада долгоживущих радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs , которые являлись основными загрязнителями. На данный момент некоторые загрязненные территории вновь вернулись в сельскохозяйственный оборот, но такое использование невозможно без всестороннего мониторинга экологической обстановки в зоне ВУРСа.

Цель – определить содержание и накопление долгоживущих радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs в почвах некоторых приозерных экосистем ВУРСа в отдаленный поставарийный период.

Задачи исследования.

1. Рассмотреть степень изученности данной темы.
2. Определить физико-химический состав и удельную активность долгоживущих радионуклидов в почвах озерных экосистем Травяное и Тыгиш.
3. Установить особенности накопления долгоживущих радионуклидов в исследуемом компоненте озер Травяное и Тыгиш.
4. Разработать методические рекомендации для проведения фестиваля естественных наук в основной и старшей школе в рамках реализации проектной работы «Путешествие в страну естественных наук».

Объект исследования – загрязнение долгоживущими радионуклидами ^{90}Sr и ^{137}Cs почв некоторых экосистем ВУРСа в отдаленный поставарийный период.

Предмет исследования – почвы супераквальных и элювиальных ландшафтов приозерных территорий озера Травяное и Тыгиш.

Научная новизна – определены физико-химические показатели почв: рН водной вытяжки, содержание органического вещества, обменные основания (Ca^{2+} , Mg^{2+}), анионы (Cl^- , SO_4^{2-}), а также особенности

распределения долгоживущих радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs водосборных территории озер Травяное и Тыгиш на современном этапе.

Практическая значимость – в результате выполнения данной работы был определен современный уровень удельной активности долгоживущих радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs в почвенном компоненте озерных экосистем Травяное и Тыгиш, а также содержание органического вещества, обменные основания (Ca^{2+} , Mg^{2+}), анионы (Cl^- , SO_4^{2-}). Полученные данные позволяют уточнить особенности накопления и перераспределения долгоживущих радионуклидов и микроэлементов в почвах, а также оценить возможность возврата данных озерных экосистем в хозяйственную деятельность. Также, разработанные методические рекомендации могут послужить основой для проведения фестиваля естественных наук в основной и старшей школе.

Апробация работы – материалы данной работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях:

- Всероссийская научная конференция «Человек и окружающая среда: экология, здоровье, образование», г. Саранск, 2019г.;
- Международная научная конференция XXIV Докучаевские молодежные чтения «Почвоведение в цифровом обществе», г. Санкт-Петербург, 2021 г.;
- VI Всероссийская студенческая конференция с международным участием «Химия и химическое образование XXI века», г. Санкт-Петербург, 2021 г.,
- Международная научно-практическая конференция «Инновационные процессы в химическом образовании в контексте современной образовательной политики», г. Челябинск, 2021 г.

Также по данной теме был выполнен грант «Путешествие в страну естественных наук» (Областной грантовый конкурс «Студенческая инициатива» в размере 38 000 рублей).

ГЛАВА 1. ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК ВОСТОЧНО-УРАЛЬСКОГО РАДИОАКТИВНОГО СЛЕДА

1.1 Формирование Восточно-Уральского радиоактивного следа

29 сентября 1957 г. на ПО «Маяк», расположенном в г. Челябинск-40 (в настоящее время г. Озерск), произошла первая радиационная авария на территории СССР. В результате сбоя в работе системы охлаждения емкости, объем которой составлял 300 м³, а также возникшим самонагревом, произошел взрыв хранилища высокорadioактивных отходов. В атмосферу было вовлечено 740 ПБк радиоактивных веществ, что в 2,5 раза меньше, чем во время аварии на Чернобыльской АЭС. Около 10% этого объема при прохождении радиоактивного облака рассеялось в окружающей среде. Большая часть радионуклидов, что составило около 670 ПБк, осела вокруг хранилища, а жидкая пульпа с активностью 74 ПБк, была поднята на высоту 1–2 км и образовала радиоактивное облако, состоящее из жидких и твердых аэрозолей. Основную долю радиоактивности составляли ¹⁴⁴Ce (66%), ⁹⁵Zr, ⁹⁵Nb (24,9%), ⁹⁰Sr, ⁹⁰Y (5,4%) и ¹⁰⁶Ru. Кроме того, в выпуске присутствовал ¹³⁷Cs (0,036%). В течение 1011 часов радиоактивные вещества выпали на протяжении 300–350 км в северо-восточном направлении от места взрыва [7].

Выпадение радионуклидов из облака, движущегося под действием ветра в Северо-восточном направлении, вызвало загрязнение территории Уральского федерального округа общей площадью более 23 тыс. км образовавшегося радиоактивного загрязнения, получившего название Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС) [15]. Схема территорий ВУРСа представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема территории ВУРСа в Челябинской области с указанием пунктов отселения. Изолинии загрязнения указаны в ГБк/км² [7]

В рамках ликвидации последствий аварии 23 деревни с населением от 10 до 12 тыс. человек были отселены, строения, имущество, скот уничтожены. В 1959 г. решением правительства была образована санитарно-защитная зона на наиболее загрязнённой части радиоактивного следа, где всякая хозяйственная деятельность была запрещена. В 1968 г. на этой территории был образован Восточно-Уральский государственный заповедник [17].

Общая протяжённость ВУРСа составляла примерно 300 км в длину при ширине 5–10 км. На этой площади почти в 20 тыс. км² проживало около 270 тыс. человек, из них около 10 тыс. человек оказались на территории с плотностью радиоактивного загрязнения свыше 74 ГБк/км² по ⁹⁰Sr и 2100 человек на территории с плотностью свыше 3700 ГБк/км².

На территории Восточно-Уральского радиоактивного следа располагаются многие озерные экосистемы Уральского федерального округа. В первые минуты после аварии радиационный след полностью накрыл следующие озера: Бердениш (4 км от точки эмиссии), Урукуль (8 км), Кожаккуль (7 км), Малое Травяное (10 км), Метлинский пруд. Далее

радиоактивное облако затронуло водоемы, располагающиеся на северо-востоке: Иртыш, Большое и Малое Касли, Большой Куяш, Шаблиш, Тыгиш, Червяное, Большой Сунгуль, и др. На юго-западе: Акакуль, Увильды, Аргазы, и др. Также под воздействие ВУРС попали следующие реки: Теча, Караболка, Синара, Исеть (и далее Тобол-Иртыш-Обь) (рисунок 2).

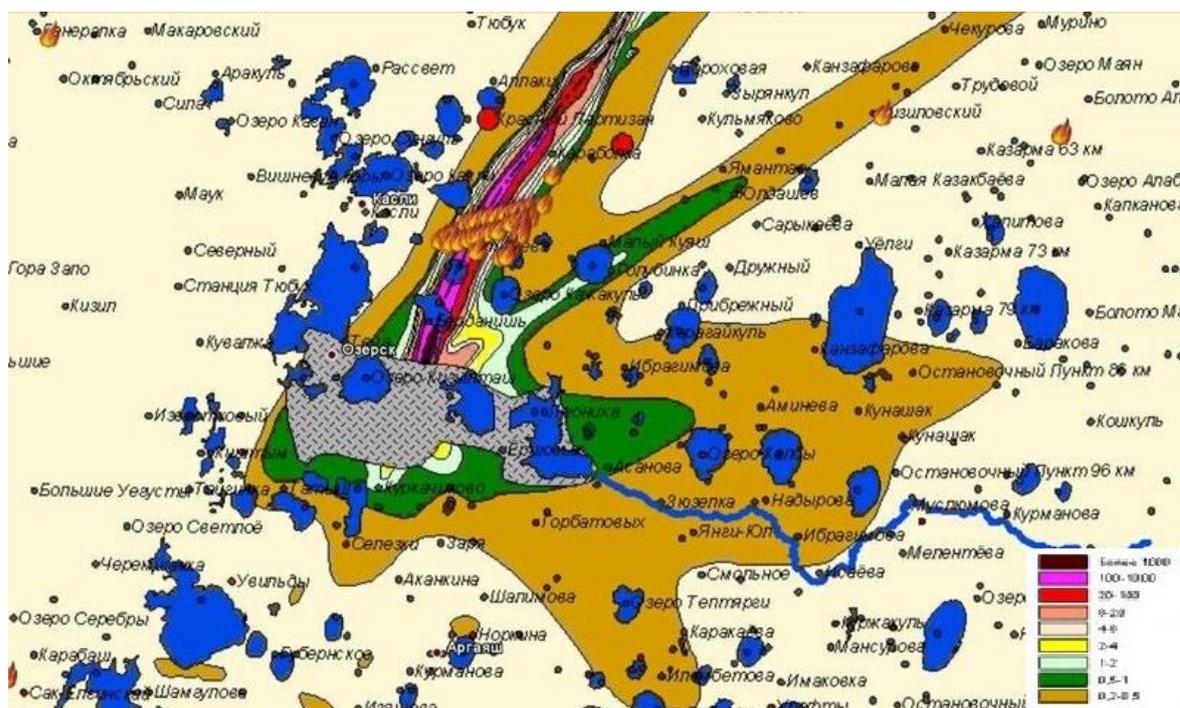


Рисунок 2 – Загрязнение водных экосистем Челябинской и Свердловской областей [24]

Осенью 1967 г. на территориях, близких к промышленной зоне ПО «Маяк», были отмечены повышенные выпадения радиоактивных веществ. Данное явление, было связано с ветровым переносом радиоактивной пыли с озера Карачай, которое использовалось для хранения радиоактивных отходов, обусловленным недостаточным количеством атмосферных осадков в течение зимнего периода, ранней и сухой весной, наличием сильных порывистых ветров.

Результаты дозиметрического обследования территории, а также определения радиоизотопного состава послужили основой для составления карты загрязнённых территорий в результате радиационного инцидента

1967 г. (рисунок 3). В настоящее время, водное зеркало оз. Карачай отсутствует (засыпано бетонными плитами и грунтом) в результате многочисленных защитных мероприятий.

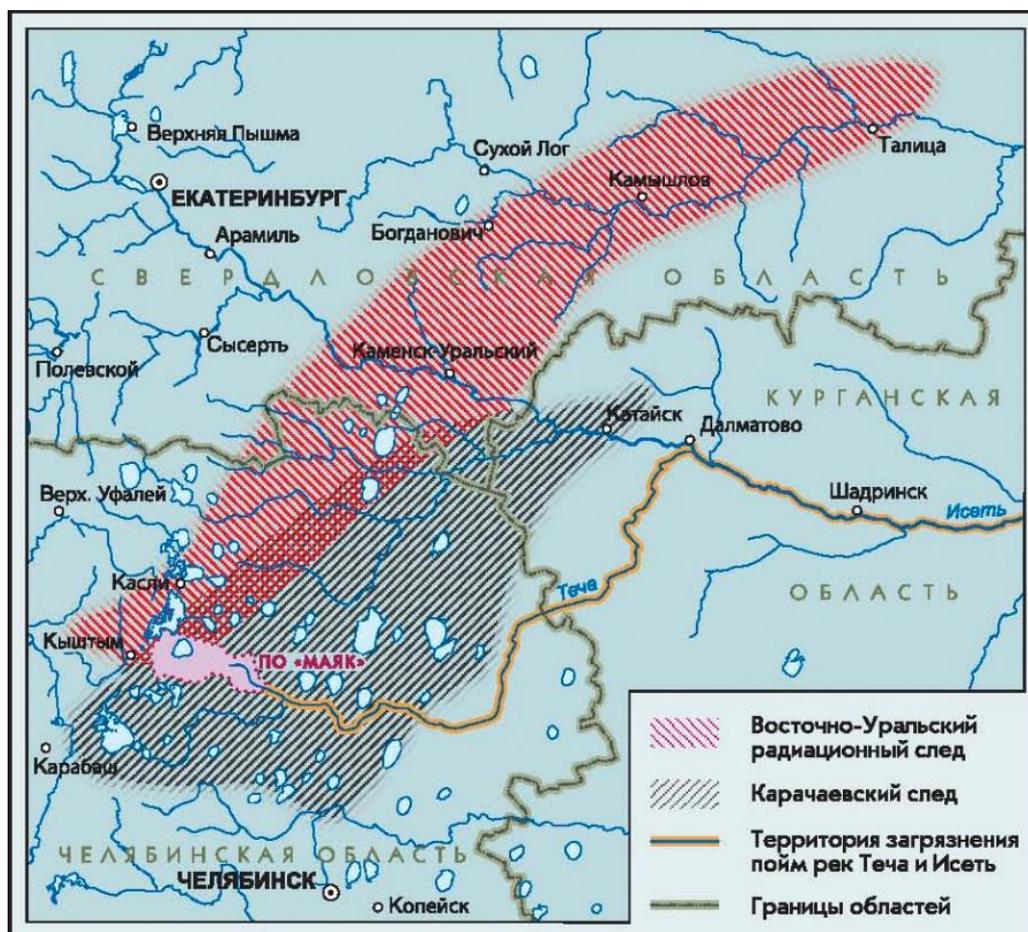


Рисунок 3 – Карачаевский след на карте ВУРСа [7]

1.2 Исследования загрязненных территорий

С момента образования ВУРСа радиоэкологические исследования загрязненных территорий проводились сотрудниками Института прикладной геофизики (ИПГ, г. Москва), центральной заводской лаборатории ПО «Маяк» (ЦЗЛ, г. Озерск), а позже сотрудниками опытной научно-исследовательской станции ПО «Маяк» (ОНИС, г. Озерск) и филиала №4 Института биофизики (ныне Уральского научно-практического центра радиационной медицины, УНПЦ РМ, г. Челябинск).

Первая радиационная съемка территорий была проведена в 1957 г. Центральной заводской лабораторией ПО «Маяк» (ЦЗЛ, г. Озерск) и

Института прикладной геофизики (ИПГ, г. Москва). Съёмка проводилась с помощью радиометров, установленных на автомобилях. В первый год с момента аварии было проведено 7 радиационных съёмок. Далее подобные съёмки проводились в 1964, 1974, 1980, 1991 гг.

Одновременно с радиационными съёмками проводились экспедиционные выезды. Всего за первый год было осуществлено 4 экспедиции, в результате чего были представлены отчеты с комиссионными актами обследования радиационной обстановки, уровней накопления β -излучателей, доз облучения и состояния сельскохозяйственных животных в различных по удаленности населённых пунктах. Полученные данные явились обоснованием для принятия решения о плановой эвакуации ряда населенных пунктов Челябинской и Свердловской областей.

В годы после аварии 1957 г. В. М. Ключковский обратил особое внимание на круговорот радионуклидов на пострадавших территориях. Именно он стоял у истоков формирования отечественной радиоэкологии. В. М. Ключковский придавал работам на Южном Урале широкий междисциплинарный характер, уделяя особое внимание радиационно-генетическим исследованиям. Вследствие чего стал одним из инициаторов придания статуса заповедника части территории радиоактивного следа. В своих работах он вскрыл закономерности метаболизма ^{90}Sr , зависимость его поведения от присутствия химического аналога – Ca^{2+} [18, 19].

В 1957 г. комплексное исследование озер ВУРСа проводились под руководством Ф. Я. Ровинского (ИПГ), который определил начальный запас радионуклидов, а именно ^{90}Sr , в некоторых озерах Восточно-Уральского радиоактивного следа: оз. Тыгиш – $1,7 \cdot 10^{12}$ Бк, оз. Травяное – $1,0 \cdot 10^{12}$ Бк [32, 33].

За период 1959–1965 гг. коллективы ОНИС ПО «Маяк» и УНПЦ РМ под руководством Ю. И. Москалёва и Л. А. Булдакова изучали физико-химические и биологические факторы, оказывающие влияние на метаболизм радионуклидов. Подробно изучалась оценка коэффициентов,

характеризующих миграцию долго живущих радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs в биологической цепи. Л. А. Булдаков и Ю. И. Москалёв представили результаты этих исследований в своей монографии [10].

К 1961 г. считалось [8], что безопасным уровнем загрязнения при длительном проживании населения, соответствующим установленному значению предела годового поступления ^{90}Sr , является плотность 150 кБк/м^2 . Обеспечение безопасного проживания населения осуществлялось за счет комплекса мер, направленных на предотвращение повышенного и снижение существенного радиоактивного загрязнения. Практическое вовлечение земель в сельскохозяйственное производство было начато в 1961 г.: 5 совхозов в Челябинской и 2 в Свердловской областях.

В 1963 г. в своей монографии «Радиоактивное загрязнение почвы и растений» Р. М. Алексахин обобщил информацию о миграции радионуклидов в природных средах, действию ионизирующих излучений на биообъекты [3].

В начале 60 гг. исследования уровней загрязнения и распределения радионуклидов в проточных и непроточных водоемах проводились на базе УНПЦ РМ во главе с Н. Г. Сафроновой. В рамках исследований УНПЦ РМ было изучено распределение ^{90}Sr по компонентам непроточных водоемов (озер) и установлена зависимость между плотностью загрязнения водосборной территории и содержанием радионуклида в воде и компонентах водоема. Результатом проделанной работы являются компьютерные базы данных [35].

Следует отметить, что основной объем информации в этой области знаний был засекречен, ввиду того, что был связан, в основном, с опытом испытаний ядерного оружия и экспериментальными работами в этой области. Впервые факт взрыва на ПО «Маяк» был подтверждён в 1989 г., при этом не было сообщено о размерах аварии и её последствиях [37].

Анализ литературных источников показал, что некоторые озера ВУРСа являются наиболее изученными, но с 80 гг. количество систематических исследований этих водоемов значительно сократилось и носило нерегулярный характер.

С начала XXI в. изучением озер ВУРСа занимались сотрудники УНПЦ РМ (А. А. Аклеев, В. А. Костюченко, Л. М. Перемыслова и др.), ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ» (С. Г. Левина, В. В. Дерягин, А. А. Сутягин, С. Г. Захаров и др.), Отдела континентальной радиоэкологии Института экологии растений и животных УрО РАН (А. В. Трапезников, В. Н. Трапезникова и др.) и Института минералогии УрО РАН (В. Н. Удачин и др.) [2, 12, 13, 38, 39]. Вышеупомянутые исследователи подводят итоги многолетних экспериментальных работ на некоторых озерах ВУРСа по оценке миграции радионуклидов в озерах и накопления радиоактивных веществ основными компонентами экосистемы, самоочищению озерных водоемов. Также самостоятельно изучают зависимость коэффициента накопления от химической природы радионуклидов и видовой принадлежности растений, исследуют многочисленные факторы, влияющие на распределение радионуклидов, наиболее детально изучены физико-химические показатели: рН водной вытяжки, рН солевой вытяжки, окислительно-восстановительный потенциал (Eh), влажность, содержание органического вещества, обменные кислоты, обменные основания (Ca^{2+} , Mg^{2+}), анионы (Cl^- , SO_4^{2-}), тяжелые металлы (Mn, Cu, Zn, Ni, Co, Pb, Cr, Ba), а также описывают почвенные разрезы. В данных работах загрязнение долгоживущими радионуклидами рассматривает не только с химической точки зрения, но и с лимнологического-географического, что позволяет более подробно объяснить процессы миграции и распределения химических поллютантов [5, 9, 17, 20, 21, 22, 23, 36].

1.3 Мероприятия по ликвидации последствий загрязнения окружающей среды

Мощная авария на ПО «Маяк» оказала сильное воздействие на человечество при работе на радиационных предприятиях, а также заставила пересмотреть свои действия при ликвидации аварий на подобных предприятиях. Вследствие чего, в октябре 1957 г. была создана комиссия, которая приняла решение ликвидировать несколько колхозов, а местных жителей переселить в другие районы. Определение наиболее загрязненных территорий велось с помощью составления карт-схем границ загрязнения. В рамках работы комиссии были организованы санитарно-охранные зоны для охраны, проведены мероприятия по устранению загрязнения и рекультивации земель. Были открыты различные лаборатории, которые проводили бракераж продуктов на наличие радиоизотопов [26, 31]. Благодаря созданию научных учреждений, которые занимались изучением влияния радиации на окружающую среду и здоровье человека, были получены данные о миграции изотопов не только в объектах окружающей среды, но и по пищевым цепям.

Активно разрабатывались способы ведения сельского хозяйства на загрязненных территориях, таким образом, чтобы не происходило загрязнения радиоактивными продуктами или другими вредными компонентами получаемых продуктов питания. Создавались различные документы (например, «Рекомендации по ведению сельского хозяйства на территории ВУРСа»), на основе полученных данных, которые утверждали плановые мероприятия. В ходе работ по предотвращению загрязнения и миграции радиоактивных веществ на «чистые» территории, было решено создать Восточно-Уральский государственный заповедник. В его функции входил запрет проникновения на загрязненную территорию населения [21, 26].

Различные мероприятия осуществлялись на территории заповедника долгое время. Делалось это для того, чтобы повысить защитные свойства биологических объектов, что в свою очередь должно повлиять на их экологическое состояние. Лесохозяйственные методы заключаются в рубках лесов, просек. Проводилось грейдирование дорог, пропашка противопожарных минерализованных полос и многое другое. Сотрудниками, в чьи обязанности входит рекультивация и проведение защитных мероприятий, так же проводятся лесокультурные работы, которые направлены на естественное возобновление березы и посадку других лесных культур, например, сосны. Что касается биотехнических мероприятий, то сюда можно отнести подкормку зимой животных (лоси, косули едят сено и зерноотходы), изготовление искусственных гнездилищ на водоемах в весенний период, посев кормовых трав для диких животных и птиц, и многие другие мероприятия, которые могли бы значительно облегчить животным существование в их естественных условиях [26].

Распоряжением Президента РСФСР 10 сентября 1991 г. была введена в действие государственная программа Российской Федерации по радиационной реабилитации Уральского региона и мерах по оказанию помощи пострадавшему населению на период до 1995 г. Целями программы являлись: локализация источников и предотвращение радиоактивного загрязнения Уральского региона; экологическое оздоровление загрязнённой радионуклидами территории; развитие системы мониторинга эколого-радиационной обстановки на загрязненных территориях; повышение уровня медицинского обслуживания и охраны здоровья населения; развитие социальной и производственной инфраструктуры. На осуществление данной программы сильно повлияла экономическая обстановка, сложившаяся в стране, в результате чего запланированные мероприятия не были выполнены в полном объеме.

В 1996 г. была утверждена целевая Федеральная программа «Социальная и радиационная реабилитация населения и территорий

Уральского региона, пострадавших вследствие деятельности производственного объединения «Маяк» на период до 2000 г. Цели данной федеральной программы были аналогичны предыдущей. Результат реализации новой программы также оказался неудовлетворительным. К 2000 г. были реализованы только неотложные мероприятия, выполнение которых не могло быть перенесено [11].

По состоянию на 31.12.2020 г. общая площадь территории, загрязненной радионуклидами, составляет 443,8 км², включая 247,8 км² земли санитарно-защитной зоны (промышленной площадки) и 196 км² земли зоны наблюдения [30].

Отдельно стоит отметить, что опыт ликвидации аварии на ПО «Маяк» помог эффективнее справиться с аварией на Чернобыльской атомной энергостанции. Некоторые ликвидаторы аварии 1957 г. принимали участие и в ликвидации радиационного инцидента на Чернобыльской АЭС.

Выводы по первой главе

Таким образом, в результате анализа литературных источников выявлено следующее.

1. Инциденты, произошедшие на ПО «Маяк», привели к радиационному загрязнению Южного Урала и затронули близлежащие регионы.
2. На загрязненных территориях расположено более 60 водных объектов, которые являются маркерами загрязнения. Водоемы, которые были загрязнены радионуклидами, оказывают влияние на здоровье человека, поскольку являются потенциальными источниками их поступления в организм.
3. Большинство озер территории ВУРСа были выведены из хозяйственного оборота.
4. Проведение всестороннего мониторинга озерных экосистем позволяет судить об уровне загрязнения химическими поллютантами в

отдаленный поставарийный период, а также о возможности введения загрязненных территорий в хозяйственный оборот.

ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, СОДЕРЖАНИЕ И НАКОПЛЕНИЕ ДОЛГОЖИВУЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЧВАХ ВОДОСБОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМ ВУРСА

2.1 Материалы и методы исследования проб почв водосборных территорий исследуемых озер

Материалом для исследования послужили серые лесные почвы супераквальной и элювиальной ландшафтной позиции водосборов озер Травяное и Тыгиш (80 и 120 км от точки взрыва 1957 г. соответственно).

На рисунке 4 представлено расположение озер Травяное и Тыгиш на карте Восточно-Уральского радиоактивного следа.

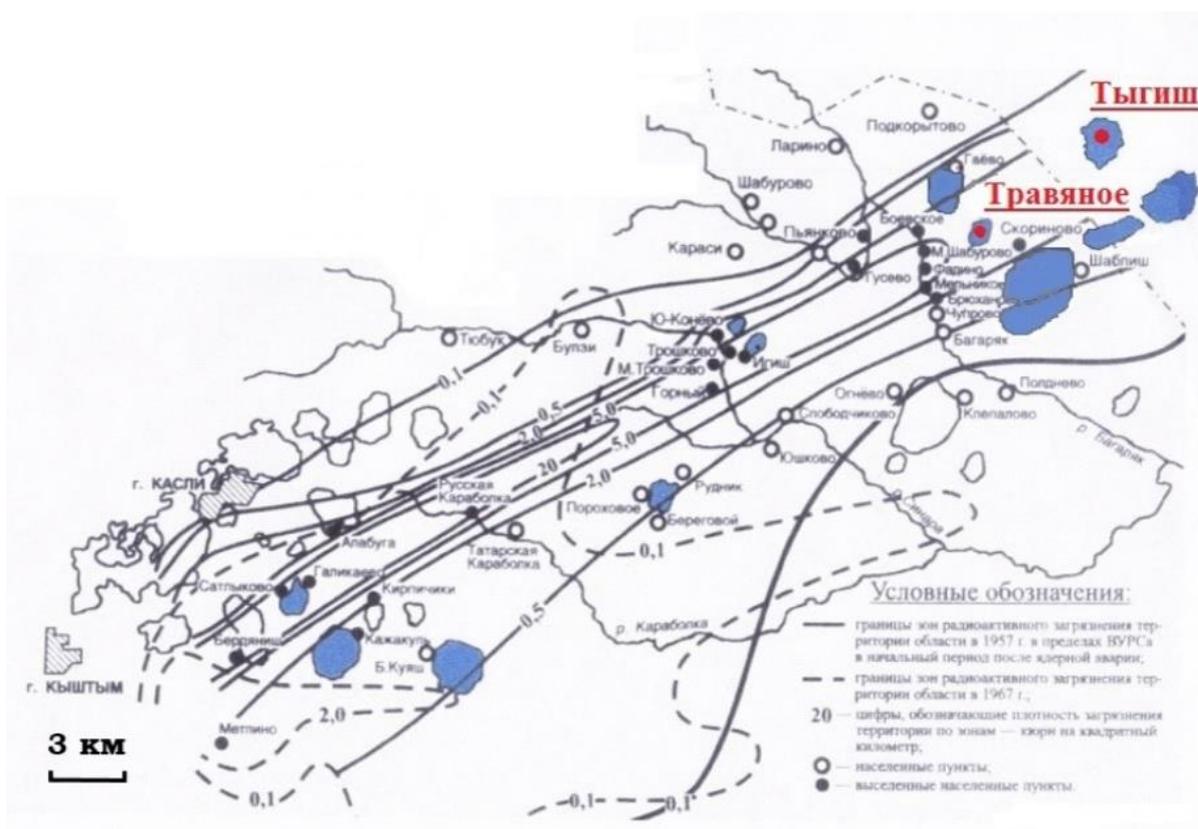


Рисунок 4 – Карта-схема плотности загрязнения Челябинской области радионуклидами в 1957 и 1967 годах [21]

Определение места закладки почвенных разрезов, выполнялось с учетом особенностей ландшафтных катен и вычленении в них супераквальной позиции. Выполнение работ, основывалось на анализе

времени последнего антропогенного воздействия на почвы данной территории. Точки отбора выбирались с наибольшим вероятным периодом покоя.

Прободготовка почв осуществлялась на базе лаборатории физико-химических методов исследований Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета. При комнатной температуре образцы высушивались, растирались и просеивались через сита с ячейками диаметром 1 мм. Данная операция приводит к усреднению гранулометрического состава почв и обеспечению наиболее оптимального состава фракций для экстракции определяемых компонентов из твердой фазы почвы.

Подготовка почвенных проб к анализу заключалась в высушивании образца на воздухе в кристаллизаторах с периодическим перемешиванием, в результате чего достигалось прекращение микробиологических процессов и биохимических изменений образца [20].

В исследовании были использованы методы [6]:

- метод потенциометрии (pH);
- метод титриметрического анализа (содержание Cl^- , Mg^{2+} , Ca^{2+});
- метод комплексонометрии (SO_4^{2-}).

Определение ^{137}Cs и ^{90}Sr проводили на базе Отдела континентальной радиоэкологии Института экологии растений и животных УрО РАН (г. Заречный).

2.2 Краткая характеристика озерных экосистем Травяное и Тыгиш

Озеро Травяное расположено в северной части Каслинского района Челябинской области (Средний Урал), дальняя (периферийная) зона ВУРСа (80 км). Западная часть борта озерной котловины приурочена к свалу (сбросного характера) Зауральского пенеплена, сама котловина лежит в переходной зоне геоморфологических и геологических структур между всхолмленной Зауральской равниной и Западно-Сибирской

плоскоравнинной страной. Озеро Травяное относится к бассейну реки Багаряк.

В настоящее время озеро представляет собой зарастающий водоем с разобщенными плесами, глубина которых не превышает 2 м. Озеро бессточное. Озерная котловина эрозионно-тектонического происхождения.

Морфометрические параметры озера Травяное представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Морфологическая характеристика озера Травяное [21]

Параметр	Значение
Площадь озерного зеркала	2,6 км ²
Объем водной массы	3,6 млн. м ³
Глубина максимальная	1,8 м
Глубина средняя	1,3 м

Озеро Тыгиш находится на территории Свердловской области (Каменский городской округ), относится к бассейну реки Исеть. Располагается в пределах геоморфологических структур Зауральского пенеплена. Следует отметить, что озеро относится к дальней оси радиоактивного следа.

Озеро Тыгиш расположилось в зоне лесостепи, что оказывает влияние на значение рН воды озерной экосистемы. Также отмечается равнинность территории и отсутствие постоянного стока, что приводит к инфильтрации вод.

По своим морфологическим показателям озеро Тыгыш можно отнести к мелководному водоему, который имеет чашеобразную котловину с равномерно понижающимся дном. Форма самого озера округлая, с малоизрезанной береговой линией. Морфометрические параметры оз. Тыгиш представлены в таблице 2.

Таблица 2 –Морфологическая характеристика озера Тыгиш [21]

Параметр	Значение
Площадь озерного зеркала	6,7 км ²
Объем водной массы	13,4 млн. м ³
Глубина максимальная	6 м
Глубина средняя	1,5 м

Почвы являются важнейшими компонентами озерных экосистем, контролирующим накопление и массоперенос загрязнителей по всем основным компонентам. Почвы водосборных территорий и особенно их супераквальные позиции, могут быть источниками вторичного загрязнения водоемов [16].

Стоит отметить, что супераквальный ландшафт приурочен к пониженным элементам рельефа с близким залеганием грунтовых вод. Здесь наблюдается частичная аккумуляция химических элементов, привнесенных как грунтовыми водами, так и из элювиальных ландшафтов, и характерны периодически выпотной и промывной гидрологический режим.

Таблица 3 – Изменение основных физико-химических параметров почвенного разреза в супераквальном элементе ландшафта оз. Травяное [21]

Горизонт	Глубина, см	pH водной вытяжки	C орг., %	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
Не выявлены	$\frac{0-5}{5}$	7,85	14,4	0,24	62,38	13,97	2,08
	$\frac{5-10}{5}$	8	н/о	0,26	87,33	28,77	2,91
	$\frac{10-15}{5}$	8	н/о	0,28	31,44	8,22	1,87
	$\frac{15-20}{5}$	8,05	6,7	0,36	н/о	н/о	1,46
	$\frac{20-25}{5}$	8,05	1,7	0,04	69,81	27,95	2,08

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8
	$\frac{25-30}{5}$	8,35	1,3	0,04	99,80	36,17	1,25
	$\frac{35-40}{5}$	8,3	0,6	0,04	42,42	23,02	1,46
	$\frac{40-45}{5}$	8,35	0,7	0,01	60,38	31,24	1,04
	$\frac{45-50}{5}$	н/о	0,2	н/о	н/о	н/о	0,83

Значение рН водной вытяжки супераквального позиции оз. Травяное (таблица 3) переходит из нейтральных значений в слабощелочные, что возможно связано с тем, что территория, на которой расположены почвы, представлена лесостепью.

Верхние горизонты почв супераквальной ландшафтной позиций оз. Травяное хорошо гумифицированы, затем наблюдается постепенное уменьшение содержания органического вещества.

Для супераквальной ландшафтной позиции исследуемого озера характерно преобладание магния над кальцием. Увеличение концентрации хлорид-ионов вглубь по почвенному профилю можно объяснить тем, что происходило вымывание данных ионов. Такое распределение ионов может быть связано с увлажненностью и гидрологическим режимом почв: для супераквального ландшафта характерен периодически выпотной.

Таблица 4 – Изменение основных физико-химических параметров почвенного разреза в элювиальном элементе ландшафта оз. Травяное [21]

Горизонт	Глубина, см	рН вод.	С орг., %	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
1	2	3	4	5	6	7	9
А0	$\frac{0-3}{3}$	6,25	11,9	34,43	21,37	29,89	2,50
	$\frac{3-6}{3}$	6,2	7,7	25,95	10,69	33,56	1,66
А1	$\frac{6-10}{4}$	6,3	7,8	32,44	13,97	36,10	1,87
	$\frac{10-14}{4}$	6,3	7,4	н/о	н/о	26,23	2,08

Окончание таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8
	$\frac{14-18}{4}$	6,4	7,4	н/о	н/о	43,71	2,08
	$\frac{18-22}{4}$	н/о	6,7	н/о	н/о	н/о	1,87
A2	$\frac{22-26}{4}$	6,4	5,0	н/о	н/о	3,95	1,46
	$\frac{26-30}{4}$	н/о	3,5	н/о	н/о	н/о	1,25
	$\frac{30-34}{4}$	6,45	2,0	29,94	11,51	3,38	1,66
A3	$\frac{34-36}{2}$	6,4	1,9	26,95	9,86	3,38	1,66
	$\frac{36-38}{2}$	6,2	2,0	33,93	11,51	3,38	1,66
B1	$\frac{38-42}{4}$	6,5	2,4	26,95	12,33	3,10	2,50
	$\frac{42-45}{3}$	6,5	6,6	н/о	н/о	3,38	1,04
B3	$\frac{45-50}{5}$	6,55	1,1	н/о	н/о	3,38	1,04
	$\frac{50-55}{5}$	н/о	0,9	н/о	н/о	н/о	2,50
C	$\frac{55-70}{15}$	5,95	н/о	н/о	н/о	3,95	2,70

Значение рН водной вытяжки элювиальной позиции водосбора оз. Травяное лежит в слабокислой зоне. Наличие слабокислой зоны можно объяснить тем, что неподалеку от озера растут сосны, под которыми почва обычно имеет, кислую реакцию (таблица 4).

Верхние почвенные горизонты элювиальной ландшафтной позиции оз. Травяное хорошо гумифицированы, затем наблюдается постепенное уменьшение содержания органического вещества. На глубине 42–45 см в элювиальной позиции оз. Травяного наблюдается резкое увеличение концентрации органического углерода, что возможно связано с мелиоративной вспашкой.

Для элювиального ландшафта исследуемого озера характерно преобладание кальция над магнием. Также наблюдается уменьшение концентрации хлорид-ионов вглубь по почвенному профилю в элювиальной

ландшафтной позиции и незначительные изменения концентрации сульфат-ионов. Такое распределение ионов может быть связано с увлажненностью и гидрологическим режимом почв: для элювиального разреза характерен периодически промывной тип.

Таблица 5 – Изменение основных физико-химических параметров почвенного разреза в элювиальном элементе ландшафта оз. Тыгиш [21]

Горизонт	Глубина, см	pH H ₂ O	C орг., %	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
A0	$\frac{0-4}{4}$	7,30	8,72	1,26	0,09	2,4	4,90
A1	$\frac{4-6}{2}$	6,55	8,65	1,25	0,09	2,2	4,83
	$\frac{6-8}{2}$	6,40	8,86	1,25	0,10	2,2	4,55
	$\frac{8-10}{2}$	6,31	8,88	1,25	0,21	2,1	3,95
A2	$\frac{10-12}{2}$	6,26	8,90	1,22	0,21	2,1	3,01
	$\frac{12-14,5}{2,5}$	6,23	9,03	1,16	0,22	2,0	2,79
	$\frac{14,5-16,5}{2}$	6,03	8,87	1,17	0,22	1,8	2,79
	$\frac{16,5-19}{3,5}$	6,25	7,88	1,17	0,23	1,6	2,77
B1	$\frac{19-26}{7}$	6,33	7,05	1,16	0,23	1,4	2,76
B2	$\frac{26-37}{11}$	6,02	6,84	1,15	0,24	1,4	2,50
	$\frac{37-48}{11}$	6,30	6,07	1,11	0,24	1,1	2,44
C	$\frac{48-70}{22}$	6,67	6,02	1,09	0,25	1,0	2,30

pH водной вытяжки элювиальной позиции водосбора оз. Тыгиш (таблица 5) лежит в слабокислой и нейтральной зоне. Данное явление можно связать с произрастанием возле озера сосновых деревьев, которые являются доминирующим видом и, следовательно, средообразующим. Как правило, под сосновыми лесами почвы имеют кислую (подкисленную) реакцию.

Верхние горизонты почв элювиальной позиции оз. Тыгиш являются хорошо гумифицированными, затем наблюдается уменьшение содержания органического вещества.

Для элювиальной позиции оз. Тыгиш характерно преобладание Mg^{2+} над Ca^{2+} и преобладание сульфат-ионов над хлорид-ионами.

Таблица 6 – Изменение основных физико-химических параметров почвенного разреза в супераквальном элементе ландшафта оз. Тыгиш [21]

Горизонт	Глубина, см	pH водной вытяжки	C орг., %	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}
A0	$\frac{0-3}{3}$	5,30	12,30	0,26	0,09	3,4	3,90
A1	$\frac{3-5}{2}$	5,55	10,10	0,25	0,09	3,2	3,83
	$\frac{5-7}{2}$	5,64	5,20	0,25	0,10	3,2	2,55
	$\frac{7-9}{2}$	5,71	5,20	0,25	0,11	3,1	2,95
	$\frac{9-11}{3}$	5,76	8,80	0,22	0,11	3,1	2,01
A2	$\frac{11-14}{3}$	5,93	6,50	0,16	0,12	3,0	1,79
	$\frac{14-17}{3}$	6,03	6,50	0,17	0,13	2,8	1,79
	$\frac{17-20}{3}$	6,25	6,50	0,17	0,13	2,6	1,77
A3	$\frac{20-24}{4}$	6,33	7,60	0,16	0,14	2,4	1,76
	$\frac{24-29}{5}$	7,02	7,60	0,15	0,14	2,4	1,50
	$\frac{29-34}{5}$	7,30	2,60	0,11	0,14	2,1	1,44
B1	$\frac{34-39}{5}$	7,67	2,60	0,09	0,14	2,0	1,30
B2	$\frac{39-48}{7}$	7,72	3,00	0,09	0,15	1,8	1,25
C	$\frac{48-60}{12}$	5,30	2,50	0,07	0,16	1,5	1,25

Водородный показатель pH определяет возможность перехода в почвенный раствор химических поллютантов, а также их миграцию в водную и растительную среду. Полученные данные показывают, что значения pH водной вытяжки почвы элювиальной позиции переходят из

кислых в слабощелочные, затем вновь в кислую реакцию среды. На глубине больше 48 см наблюдается резкий переход в кислую зону, что скорее всего, связано с началом материнской горной породы.

Верхние горизонты являются довольно гумифицированными, благодаря поступлению органического углерода из растительных остатков, далее вглубь по разрезу его концентрация постепенно уменьшается.

Концентрация ионов Mg^{2+} преобладает над Ca^{2+} . Также значения концентраций данных ионов невелики, из чего следует, что данные почвы характеризуются низким плодородием. Концентрация ионов Cl^- и SO_4^{2-} закономерно уменьшается вниз по почвенному профилю. Связываясь с поллютантами, хлориды образуют водорастворимые соединения, способствуя повышению их миграционной способности.

2.3 Долгоживущие радионуклиды в почвах водосборных территорий водных экосистем Тыгиш и Травяное

Одним из главных компонентов биосферы является почва. Благодаря ей происходит объединение всех компонентов биосферы. Радионуклиды и другие химические поллютанты антропогенного характера включаются в миграционные процессы и пространственно-временное распределение, при этом почва выполняет роль ключевого элемента в таком процессе [26].

Стоит отметить, что глубина отбора от 0 до 25 см является пахотным горизонтом, что объясняет скачкообразный характер распределения долгоживущих радионуклидов (таблица 7).

Таблица 7 – Анализ содержания ^{90}Sr и ^{137}Cs в пробах почвенного компонента водосборной территории озера Травяное [21]

Супераквальная позиция			Элювиальная позиция		
глубина отбора, см	активность ^{90}Sr , Бк/кг	активность ^{137}Cs , Бк/кг	глубина отбора, см	активность ^{90}Sr , Бк/кг	активность ^{137}Cs , Бк/кг
1	2	3	4	5	6
0-5	342,0	29,0	0-3	297,0	30,5
5-10	134,0	13,7	3-6	451,0	59,4

Окончание таблицы 7

1	2	3	4	5	6
10-15	85,4	6,4	6-10	238,0	43,6
15-20	119,0	3,4	10-14	733,0	27,5
20-25	93,8	1,4	14-18	483,0	14,8
25-30	48,9	2,6	18-22	228,0	9,7
30-35	31,7	2,3	22-26	186,0	2,3
35-40	37,3	4,9	26-30	20,8	2,9
40-45	25,1	6,5	30-34	31,1	3,1
45-50	н/о	н/о	34-36	21,4	1,6
			36-38	11,4	6,0
			38-42	9,0	10,8
			42-45	182,0	8,4
			45-50	4,6	3,8
			50-55	19,3	17,2
			55-70	13,6	8,0

Для супераквального разреза почвенного компонента оз. Травяное в целом характерно немонотонное уменьшение удельной активности ^{90}Sr , с наиболее высокими значениями на глубине 0–5 см по почвенному профилю. Далее происходит понижение удельной активности, по-видимому, это может быть связано с неглубоким залеганием грунтовых вод, промывающих нижележащий слой почвенных горизонтов. Наибольшие значения активности ^{137}Cs зафиксированы на глубине 05 см. На глубине более 45 см активность имеет значения ниже предела обнаружения используемого прибора.

Анализ характера распределения поллютантов по профилю почвенного разреза элювиальной позиции ландшафта водосбора озера Травяное показал, что пик максимального содержания ^{137}Cs приходится на 10–14 см. Пик на глубине 42–45 см (182 Бк/кг) возможно, связан с большим

значением концентрации органического вещества, которое адсорбирует долгоживущие радионуклиды.

Для почв водосборной территории озера Травяное также можно выделить пахотный горизонт, который наблюдается на глубине 0–17 см.

Для супераквального разреза почвенного компонента оз. Тыгиш в целом характерно относительно монотонное уменьшение удельной активности ^{90}Sr и ^{137}Cs . Основная активность ^{90}Sr концентрируется в верхних слоях (0–11 см), что, скорее всего, связано с накоплением органического вещества, откуда поллютанты мигрируют по глубине почвенного профиля. Ниже отметки в 17 см наблюдается снижение значений содержания ^{90}Sr , что, вероятно, может быть связано с подмыванием нижележащих почвенных горизонтов грунтовыми водами.

По содержанию ^{137}Cs наибольшие значения активности в данном ландшафтном элементе приходятся на гумусовые горизонты почв, далее распределение радионуклида происходит монотонно вглубь почвенного профиля, причем ниже глубины 17 см ^{137}Cs не был обнаружен (таблица 8).

Таблица 8 – Анализ содержания ^{90}Sr и ^{137}Cs в пробах почвенного компонента водосборной территории озера Тыгиш [21]

Супераквальная позиция			Элювиальная позиция		
глубина отбора, см	активность ^{90}Sr , Бк/кг	активность ^{137}Cs , Бк/кг	глубина отбора, см	активность ^{90}Sr , Бк/кг	активность ^{137}Cs , Бк/кг
1	2	3	4	5	6
0-3	286,00	17,46	0-4	246,7	84,72
3-5	273,00	25,06	4-6	229,9	108,3
5-7	175,00	20,47	6-8	218,1	116,32
7-9	210,00	18,20	8-10	182,5	48,09
9-11	280,00	20,80	10-12	149,05	25,27
11-14	140,00	22,30	12-14,5	140,8	3,1
14-17	120,00	19,90	14,5-16,5	118,6	н/о
17-20	49,00	н/о	16,5-19	90,86	н/о
20-24	41,00	н/о	19-26	52,1	н/о
24-29	30,05	н/о	26-37	38,6	н/о

Окончание таблицы 8

1	2	3	4	5	6
29-34	н/о	н/о	37-48	29,6	н/о
34-39	н/о	н/о	48-70	19,0	н/о
39-48	н/о	н/о			
48-60	н/о	н/о			

Эллювиальный разрез оз.Тыгиш также характеризуется немонотонным убыванием удельной активности ^{90}Sr . Пик удельной активности ^{90}Sr наблюдается на глубине 0–4 см. Наибольшие значения удельной активности ^{137}Cs были зафиксированы на глубине разреза 6–8 см, что возможно, связано с аккумуляцией его растениями (рисунок 5).

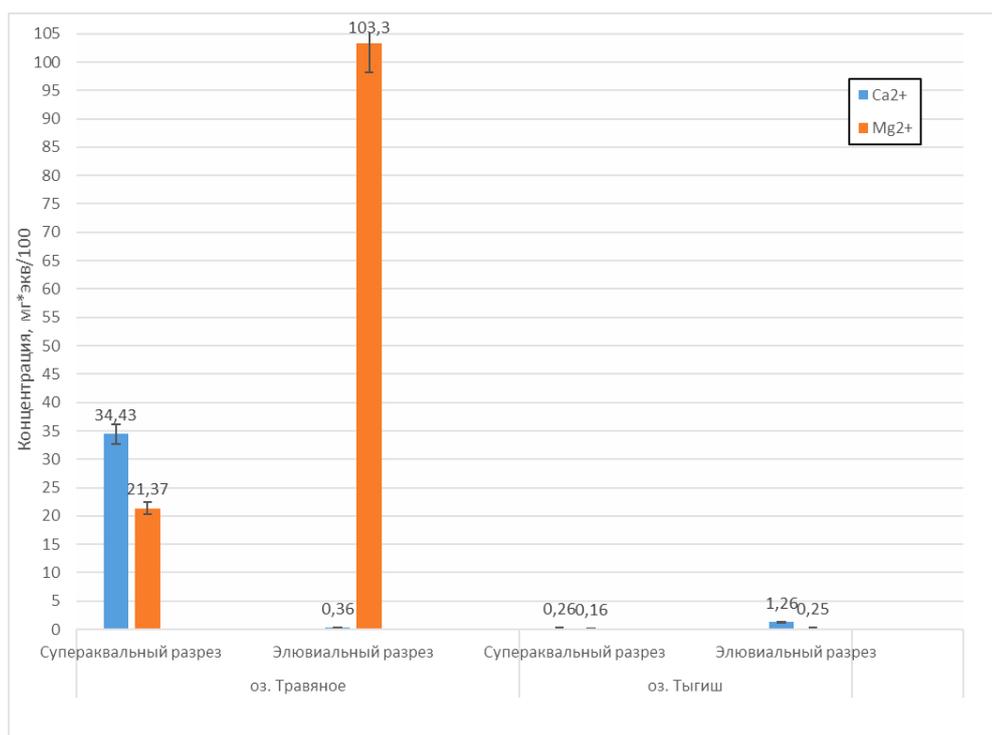


Рисунок 5 – Концентрация ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} в почвах водосбора исследуемых озер

Отдельно стоит отметить, что содержание кальция и магния в почвах оз. Травяное значительно больше, чем в почвах оз. Тыгиш. Следовательно, можно предположить, что почвы водосбора оз. Травяное плодороднее, чем

почвы оз. Тыгиш. Данное наблюдение можно объяснить тем, что на озере Тыгиш уже ведется хозяйственная деятельность, которая оказывает влияние на содержание макроэлементов в почвах.

Выводы по второй главе

В результате проделанной работы выявлено следующее:

1. Почвы элювиальной позиции озера Травяное характеризуются слабокислыми значениями рН (от 5,9 до 6,45), а супераквальной – нейтральными и слабощелочными (от 7,85 до 8,35).

2. В супераквальном ландшафте озера Тыгиш наблюдается повышение значений рН водной вытяжки от 5,30 до 7,72, в элювиальном – понижение от 7,30 до 6,67.

3. Верхние горизонты исследуемых почвенных разрезов озер Травяное и Тыгиш хорошо гумифицированы.

4. Mg^{2+} преобладает над Ca^{2+} в двух разрезах приозёрной территории Тыгиша и в супераквальной позиции у оз. Травяное.

5. Супераквальная и элювиальная ландшафтов оз. Травяное характерно преобладание аниона Cl^- над анионом SO_4^{2-} .

6. В почвенных разрезах оз. Тыгиш наблюдается преобладание аниона SO_4^{2-} над анионом Cl^- .

7. Почвы водосборной территории озера Травяное являются более плодородными, чем почвы озера Тыгиш.

8. Максимальное значение удельной активности ^{90}Sr и ^{137}Cs в супераквальном почвенном компоненте оз. Тыгиш составляет 286,0 и 25,06 Бк/кг соответственно, в элювиальном – 246,7 и 116,32 Бк/кг.

9. Для супераквального ландшафта почв озера Травяное максимальное значение удельной активности ^{90}Sr и ^{137}Cs составляет 342,0 и 29,0 Бк/кг соответственно, для элювиального – 733 и 59,4 Бк/кг.

ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ФЕСТИВАЛЯ «ПУТЕШЕСТВИЕ В СТРАНУ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК»

В современном мире уровень развития наук очень высок, в связи, с чем системе образования необходимо постоянно модернизироваться. Следствием этого является изменение учебных курсов и дисциплин, а также изменение результатов, предъявляемых к образовательному процессу. Современный федеральный государственный образовательный стандарт (ФГОС) направлен не только на воспитание и становление «портрета выпускника школы», но и на создание фундамента комплексного видения и решения различных задач и проблем в реальной жизни [27, 28, 34].

Формированию такого видения способствует комплексное изучение школьных дисциплин и особенно проведение межпредметных связей (МПС). Под межпредметными связями понимается единство целей, функций, содержательных элементов, учебных дисциплин, которое, будучи реализовано в учебно-воспитательном процессе, способствует обобщению, систематизации и прочности знаний, формированию обобщенных умений и навыков [14, 40, 41].

В дидактической теории межпредметных связей выделены три основные группы:

- 1) содержательно-информационные — по видам знаний (научные, фактические, понятийные, теоретические, философские, идеологические);
- 2) операционно-деятельные — по видам умений (познавательные, практические, ценностно-ориентационные);
- 3) организационно-методические — по способам реализации межпредметных связей в учебном процессе [4].

Результатом реализации межпредметного подхода к образовательному процессу является повышение эффективности обучения и воспитания современного школьника. Учебный материал, изучаемый на

межпредметной основе, способствует обобщенному характеру познавательной деятельности учащихся. Кроме того, межпредметность способствует активизации системного мышления, и, следовательно, повышает глубину полученных знаний, а также положительно влияет на формирование целостной картины мира.

Особое значение МПС имеют при изучении естественнонаучных предметов, к которым относятся физика, химия, биология, а также науки, образованные на стыке вышеперечисленных дисциплин. В рамках этой предметной области получение новых знаний возможно благодаря естественнонаучным методам познания, которые позволяют изучать предмет и теоретически, и эмпирически, что способствует развитию интеллектуальных и исследовательских умений у обучающихся.

Анализ методических пособий и научных изданий показал, что наибольшее внимание уделяется вопросам взаимосвязи химии и физики, биологии и химии, биологии и физики [9, 29]. При этом обучение естественнонаучным методам познания на материале сразу трех предметов, а именно химии, биологии и географии, в рамках урочной и внеурочной деятельности не было рассмотрено, в связи, с чем естественнонаучный цикл предметов теряет свою целостность. Также стоит отметить, что естественнонаучные дисциплины не всегда согласованы во времени изучения, вследствие этого, у обучающихся могут возникнуть проблемы при самостоятельном проведении МПС.

В связи с этим, целью реализация образовательной части данного исследования являлось организация и проведение естественнонаучного фестиваля «Путешествие в страну естественных наук» для обучающихся МАОУ «СОШ № 153 г. Челябинска».

Осуществление данного проекта стало возможно благодаря финансовой поддержке Областной грантового конкурса молодежных проектов «Студенческая инициатива». Общая сумма гранта составила 38 000 рублей.

«Путешествие в страну естественных наук» направлен на увеличение интереса школьников среднего звена к изучению естественно-научных дисциплин, а именно химии, биологии, географии и физики.

Путем проведения исследований, «экологической разведки» и наблюдений данный проект призван подвести к пониманию и осознанию школьниками экологических проблем родного края. «Путешествие в страну естественных наук» поможет учащимся осознать важность бережного обращения с природой, а также направит их на создание своих собственных идей по спасению окружающей среды.

Целью реализации проекта «Путешествие в страну естественных наук» являлось создание комфортной среды для более глубокого изучения естественнонаучных дисциплин у детей среднего школьного возраста, на основе познания экологической обстановки Челябинской области. Формирование экологической компетентности, а также создание условий для становления экологической культуры и экологически грамотного отношения к окружающему миру.

Планируемые результаты реализации естественнонаучного фестиваля.

Личностные: формирование целостного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки, формирование основ экологической культуры; умение выделять социально-экологические проблемы и предлагать разнообразные пути их решения; развитие интереса к самостоятельной исследовательской деятельности; воспитание целеустремленности, трудолюбия, самостоятельности в приобретении новых знаний и умений; формирование навыков самоконтроля и самооценки, умения управлять своей самостоятельной деятельностью.

Межпредметные: понимание значимости естественнонаучных знаний для решения практических задач, сложности и бесконечности процесса познания; систематизация теоретических и практических знаний в области химии, географии и экологии; осваивать методы

естественнонаучного познания и применять их в учебной, познавательной и социальной практике; овладение некоторыми способами ориентирования на открытой местности; приобретение умений разделять бытовой мусор согласно маркировке.

Метапредметные: умение использовать знаково-символические средства; осуществлять классификацию; проводить наблюдения; ставить цели и задачи, выдвигать гипотезы, делать выводы, интерпретировать информацию, представленную в виде рисунков и схем; применять полученные знания.

Последовательное перечисление основных мероприятий фестиваля показателей представлено в таблице 9.

Таблица 9 – Календарный план реализации проекта

Задача	Мероприятие	Сроки (дд.мм.гг)
1	2	3
Познакомить участников с основными задачами проекта. Провести уроки по дисциплинам естествознания, которые содержат данные для дальнейшего участия в проекте.	Проведение уроков у 8-9 классов	24.02.2020
Совершенствование знаний и умений в области химии и биологии. Знакомство с минералами Челябинской области.	Выезд на естественно-технологический факультет. Посещение геолого-минералогического музея и зооэкспозиции «Живая природа мира»	26.02.2020
Закрепление полученных знаний	Химический квест	27.02.2020
Познакомить учащихся с природой Южного Урала	Экскурсия в Музей леса	28.02.2020
Подведение итогов. Выявление самых активных участников.	Награждение участников, выступления школьников	02.03.2020

На подготовительном этапе были проведены встречи со студентами и преподавателями ЮУрГГПУ, а также учителями-предметниками МАОУ «СОШ № 153 г. Челябинска». Проведенные беседы с учителями позволили

узнать какими знаниями владеют обучающиеся и какой материал сейчас проходят, чтобы правильно распределить мероприятия по классам. Также на подготовительном этапе осуществлялась подготовка необходимого оборудования. Для увеличения числа участников в школе были развешены плакаты (рисунок 7).



Рисунок 7 – Плакат-приглашение на участие в фестивале

Первая ступень «Путешествия в страну естественных наук» реализуется в виде игровых уроков у учеников 8–9 классов от студентов (будущих педагогов-предметников), главной задачей которых является показать межпредметность естественнонаучных дисциплин. Например, авторская игра студента Южно-Уральского государственного гуманитарно-

педагогического университета (ЮУрГГПУ) «Экспедиция Алхимика», в ходе которой участники смогли познакомиться с тяжелыми металлами и процессами их миграции по различным экосистемам, то есть провести взаимосвязь химии, биологии и географии. Также эта ступень включала в себя ещё одну авторскую игру «Юные лимнологи-седиментологи», благодаря которой участники узнали, что такое донные отложения и как они влияют на озерные экосистемы, что такое литологический состав колонки донных отложений.

Также в рамках данной ступени были осуществлены дебаты. В дебатах приняло участие две команды, обсуждающие дискуссионную тему с противоположных точек зрения: одна команда утверждает эту тему, а другая – опровергает. Тема дебатов была сформулирована в виде дилеммы («Радиация: она вредна или полезна?»). Наиболее эффективно дебаты проходят тогда, когда тема для обсуждения выбирается педагогом совместно с воспитанниками, затрагивает интересующие их вопросы. Такие игровые уроки способствуют активной познавательной деятельности и расширению кругозора обучающегося, а также наглядно показывают связь наук.

На следующем этапе проекта реализуется посещение геолого-минералогического музея и экспозиции «Живая природа мира», находящихся на территории Естественно-технологического факультета (ЮУрГГПУ). Участники проекта, под руководством преподавателей и студентов вуза, знакомятся с минералами и горными породами, характеризующими особенности геологического строения региона. При этом обучающиеся могут не только слушать преподавателя, но и своими руками потрогать минерал, практическим путем определить к какому классу он относится, и узнать его химическую формулу. Посещение экспозиции «Живая природа мира» дает отличную возможность вспомнить и закрепить на практике систематические группы животных, которые были пройдены в курсе биологии.

Для обучающихся 10–11 классов предусмотрена интеллектуальная квест-игра «Химический квест», посвященная периодической таблице Д. И. Менделеева. Во время квест-игры участники совершенствуют свое умение работать в команде и определять свою собственную позицию. «Химический квест» направлен на теоретическое и практическое закрепление полученных знаний в курсе химии и биологии. Первый раунд включает в себя викторину по химическим элементам, где необходимо знание законов Периодической таблицы, а также влияние макроэлементов на организм человека. Например, выбрать ряд элементов, в котором идет увеличение атомного радиуса, или выберите два химических элемента, которые влияют на прочность костей. Следующий раунд был основан на знаниях лабораторного оборудования кабинета химии и правил техники безопасности при выполнении химических лабораторных работ, то есть участникам необходимо назвать лабораторное оборудование и рассказать, как им безопасно пользоваться. Третий раунд основан на знании свойств химических соединений и умении пользоваться таблицей растворимости. Участникам необходимо было разделить смесь поваренной соли, порошкообразного железа и песка. После выполнения этого задания дается доступ к следующему. На столе в штативе стоит 4 пронумерованные пробирки с такими веществами: H_2O , CaCl_2 , HCl , $\text{Ba}(\text{OH})_2$. Путем проведения качественных реакций и использования таблицы растворимости необходимо определить в какой пробирке, какое вещество. Необходимые для определения реактивы выдаются студентом-помощником после проверки уравнений качественных реакций.

В условиях пандемии осуществление «Химического квеста» оказалось затруднительным. В связи с этим формат «квест» был заменен на формат «викторина» и реализовывалось с помощью платформы дистанционного обучения «Quizizz», где практическую часть заменили видеоролики и изображения. Примеры заданий представлены на рисунке 8.

4.  Ученый, получивший кислород и первый описавший

- А Д.И. Менделеев В Дж. Пристли
 С А.М. Бутлеров D А. Лавуазье

5. При повышении температуры активность кислорода:

- А резко возрастает В резко убывает

6.  Накипь появляется из-за растворенных в воде

- А $Mg(HCO_3)_2$ В $MgCO_3$
 С $CaCO_3$ D $Ca(HCO_3)_2$

Рисунок 8 – Примеры заданий «Химической викторины»

Закрепление пройденного материала было осуществлено по средствам экологической лекции на тему разделения бытовых отходов с элементами практики. Обучающиеся путем ответа на проблемные вопросы смогли разобраться в видах пластика, осознать его влияние на экосистемы через знание естественнонаучных понятий, а также определить свое собственное отношение к экологическим проблемам. Во время осуществления эко-лекции участники самостоятельно придумали слоганы, которые помогают запомнить алгоритм действий при разделении бытовых отходов, например, закончилось-помыл-отклеил-сдал.

В завершении «Путешествия в страну естественных наук» все участники проекта посетили Челябинский городской бор (карьер «Голубой») в рамках соревнований по ориентированию в заданном направлении. Перед соревнованием обучающиеся прослушали инструктаж по технике безопасности и принципах работы компаса, а также научились определять стороны света по мху. В рамках такого мероприятия можно на практике показать связь географии, биологии и физики.

По окончании фестиваля участники получают памятные подарки и сертификаты участников. В проекте приняли участие более 200 школьников 8–11 классов.

Показателем успешности проведения фестиваля является повышение интереса участников к дисциплинам естественнонаучного цикла, а именно выбор биологии, химии, географии для написания проектных и конкурсных работ.

В естественнонаучном фестивале приняли участия 4 учителя-предметника, два – 8 класса (50 чел.), два – 9 класса (40 чел.), один – 10 класс (35 чел.) и один – 11 класс (23 чел.):

- 90 человек приняли участие в игровых уроках «Экспедиция алхимика» и «Юные лимнологи-седиментологи», из них 6 человек заняли призовые места;

- 34 человека приняли участие в соревнованиях по ориентированию, 6 из них успешно справились с заданием и пришли первые на финиш;

- 53 человека участвовали в «Химической викторине», первые 10 из них были награждены памятными призами за успешное прохождение викторины;

- 20 человек прослушали эко-лекцию и научились правильно разделять бытовой мусор, каждый участник был награжден.

Выводы по третьей главе

1. Используемые методы реализации каждого этапа естественнонаучной недели «Путешествие в страну естественных наук» направлены на формирование и развитие у учащегося универсальных учебных действия, которые развивают обучающегося. Все мероприятия соответствуют образовательной программе общеобразовательного класса.

2. Каждое из осуществлённых мероприятий направлено, прежде всего, на развитие личности школьника, ориентировано на его индивидуальные потребности, интересы и возможности.

3. На протяжении всей естественнонаучной недели проводилось формирование целостного и комплексного изучения окружающего нас мира во всех его взаимосвязях.

4. Данный проект был успешно представлен на профильных научно-практических конференциях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На современное радиэкологическое состояние озерных экосистем оказала влияние авария 1957 г. на ПО «Маяк» и ветровой разнос радиоактивной пыли с оз. Карачай 1967 г.

2. Природные процессы определяют характер миграции и распределения техногенных поллютантов по почвенному профилю в отдаленный поставарийный период.

3. Распределение радионуклидов в ландшафтных позициях зависит от количества «выпавших» радионуклидов, от удаленности разреза от источника эмиссии и физико-химического состава почв.

4. Наблюдается остаточное загрязнение долгоживущими радионуклидами почв водосборных территорий озер Травяное и Тыгиш, которое характеризуется преобладанием ^{90}Sr над ^{137}Cs .

5. Эльвиальная и супераквальная ландшафтные позиции исследуемых водных экосистем имеют разный характер распределения удельной активности радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs . При этом ^{90}Sr имеет скачкообразный характер распределения, в то время как для ^{137}Cs характерно монотонное убывание.

6. Реализация естественнонаучной недели «Путешествие в страну естественных наук» является эффективным средством укрепления связи химии, биологии и географии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аклеев А. В. Радио-эпидемиологические исследования на Урале: итоги и перспективы / А. В. Аклеев, М. О. Дегтева, Л. Ю. Крестинина // Радиационная гигиена. – Санкт-Петербург : ФБУН НИИРГ им. Рамазаева. – 2021. – Т.14(4). – С. 31–44.
2. Аклеев А. В. Сравнительный анализ медико-дозиметрических последствий аварии 1957 года и загрязнения реки течи в контексте эффективности защитных мероприятий / А. В. Аклеев, М. О. Дегтева, Л. Ю. Крестинина // Радиационная гигиена. – Санкт-Петербург : ФБУН НИИРГ им. Рамазаева. – 2020. – Т. 13. – № 1. – С. 16–26.
3. Алексахин Р. М. Радиоактивное загрязнение почвы и растений / Р. М. Алексахин. – Москва : Академия наук СССР, 1963. – 132 с.
4. Алиева М. Е. Межпредметные связи как один из принципов современных образовательных процессов / М. Е. Алиева // Вестник науки и образования. – Иваново : Олимп, 2020. – №11(89). – С. 65–69. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/mezhpredmetnye-svyazi-kak-odin-iz-printsipov-sovremennyh-obrazovatelnyh-protssesov> – (Дата обращения 25.03.2022). – Текст электронный.
5. Андреев С. С. Накопление ^{90}Sr высшей водной растительностью радиоактивно-загрязненного водоема в-10 Теченского каскада по «Маяк» / С. С. Андреев, С. В. Тряпицына, Р. Д. Дюсенова // Актуальные проблемы биологической и химической экологии : Материалы VII Международной научно-практической конференции. – Москва: Московский государственный областной университет, 18–19 февраля 2021. – С. 220–225.
6. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – Москва : Книга по Требованию, 2013. – 489 с. – ISBN 978-5-458-28118-8.
7. Атлас Восточно-Уральского и Карачаевского радиоактивных следов, включая прогноз до 2047 года. Москва, 2013. – URL :

https://downloads.igce.ru/publications/Atlas/CD_VURS/index.html – (Дата обращения 06.11.2021).

8. Бакуров А. С. Научный и практический опыт ликвидации последствий аварии 1957 г. / А. С. Бакуров. – Озерск : ФГУП ПО «Маяк». – 2005. – № 4. – С. 8–21.

9. Беляева Ж. В. Обучение школьников естественнонаучным методам познания : методическое пособие для учителей биологии, химии и физики общеобразовательных учреждений, гимназий и лицеев / Ж. В. Беляева. – Москва : Московский педагогический государственный университет, 2013. – 64 с.

10. Булдаков Л. А. Проблемы распределения и экспериментальной оценки допустимых уровней ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{106}Ru / Л. А. Булдаков, Ю. И. Москалев. – Москва : Атомиздат, 1968. – 296 с.

11. Владимирова В. А. Катастрофы конца 20 века / В. А. Владимирова. – Москва : Геополитика, 2001. – 424 с.

12. Дерягин В. В. Особенности индикации экологического состояния территории Южного Урала по вещественному составу донных отложений озер / В. В. Дерягин, В. Н. Удачин, С. Г. Левина // Проблемы географии Урала и сопредельных территорий : Материалы III межрегиональной научно-практической конференции. – Челябинск : Абрис, 15–17 мая 2008. – С. 100–104.

13. Дерягин В. В. Радионуклиды в основных компонентах и приозерных почвах экосистемы озера Малые Кирпичики (ВУРС) / В. В. Дерягин, С. Г. Левина, А. В. Аклеев, А. А. Сутягин // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2021. – Т. 61. – № 2. – С. 197–205.

14. Ефремова Е. Н. Межпредметные связи в образовательном процессе / Е. Н. Ефремова. – Волгоградский филиал Автономной некоммерческой организации высшего образования Московского гуманитарно-экономического университета. – 2020. – №3. – С. 13–17.

15. Земерова З. П. Радиоэкологическое состояние озер Травяное, Куяныш, Шаблиш (территория Восточно-Уральского радиоактивного следа) / З. П. Земерова, С. Г. Левина, Д. З. Шибкова // Экология и научно-технический прогресс : материалы III международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Пермь, [б.и.] – 2005. – С. 55–59.

16. Каблова К. В. Накопление и распределение долгоживущих радионуклидов ^{90}Sr , ^{137}Cs и органического вещества в почвенном компоненте экосистемы озера Малые Кирпичики / К. В. Каблова, С. Г. Левина // Вестник ЮУрГГПУ. – Челябинск : ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ», 2013. – №7. – С. 244–258. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/nakoplenie-i-raspredelenie-dolgozhivuschih-radionuklidov-90sr-137cs-i-organicheskogo-veschestva-v-pochvennom-komponente-ekosistemy> – (Дата обращения 24.12.2021). – Текст электронный.

17. Коготков А. Я. Результаты многолетних наблюдений за содержанием и распределением радиоизотопов в различных компонентах водоемов Восточно-Уральского радиоактивного следа : реф. отчета 1967 г. /А. Я. Коготков, В. Г. Осипов // Вопросы радиационной безопасности. – Озерск : ФГУП ПО «Маяк», 2002. – Вып. 3. – С. 44–60.

18. Ключковский В. М. К оценке размеров поступления стронция-90 из почвы в растения и его накопление в урожае / В. М. Ключковский, Н. П. Архипов, А. В. Егоров. — Москва : Агропромиздат, 1969. – №1. – С. 2–4.

19. Ключковский В. М. Сорбция микроколичеств стронция и цезия в почвах / В. М. Ключковский, Л. Н. Соколова, Г. Н. Целищева // Радиобиология и радиационная медицина. – Москва : Атомиздат, 1958 – Т. V. – С. 346–356.

20. Левина С. Г. Закономерности поведения ^{90}Sr и ^{137}Cs в озерных экосистемах Восточно-Уральского радиоактивного следа в отдаленные сроки после аварии / С. Г. Левина. – Москва : [б.и.], 2008. – 248с.

21. Левина С. Г. Современная радиэкологическая характеристика озерных экосистем Восточно-Уральского радиоактивного следа / С. Г. Левина, А. В. Аксеев. – Москва, [б.и.], 2009. – 272 с.

22. Левина С. Г. Оценка уровня загрязнения радионуклидами ^{90}Sr и ^{137}Cs некоторых компонентов озерных экосистем Травяное, Куяныш, Шаблиш / С. Г. Левина, З. П. Земерова, И. Я. Попова, Д. З. Шибкова // Проблемы экологии, экологического образования и просвещения в Челябинской области : Материалы докладов по итогам VI региональной научно-практической конференции 18 апреля 2002 г. – Челябинск. – 2004. – С. 34 – 35.

23. Левина С. Г. Радиационный мониторинг и особенности радиэкологической обстановки на территории ВУРСа (Изученность проблемы) / С. Г. Левина, Г. Г. Корман, Л. Ф. Мухаметшина // Проблемы радиэкологии и пограничных дисциплин : Сборник научных трудов. – Выпуск 13. – Екатеринбург : Полиграфист, 2010. – С. 222–247.

24. Левина С. Г. Современная радиэкологическая обстановка территорий ВУРСа / С. Г. Левина, Л. Ф. Шарова, К. В. Каблова // XXII Бирюковские чтения : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Челябинск-Сатка, 24–29 марта 2017 года. – Челябинск : ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ», 2019. – С. 271–278.

25. Методические рекомендации МР 2.6.1/2.3.0094—14 Радиохимическое определение удельной активности цезия-137 и стронция-90 в пробах пищевой продукции, почвы, других объектов окружающей среды и биопробах // Роспотребнадзор : [сайт]. – URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=4691 – (Дата обращения 15.02.2022). – Текст электронный.

26. Молчанова И. В. Радиоэкологические исследования почвеннорастительного покрова Восточно-Уральского радиоактивного следа / И. В. Молчанова, В. Н. Позолотина, Е. Н. Караваева [и др.] // Проблемы радиоэкологии и пограничных дисциплин: Сборник научных трудов. – Выпуск 11. – Екатеринбург : Полиграфист, 2007. – С. 320–346.

27. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 декабря 2010 г. № 1897 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования» // Гарант : [сайт]. – URL : <https://base.garant.ru/55170507> – (Дата обращения 14.03.2022). – Текст электронный.

28. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 31.05.2021 № 287 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования» // Гарант : [сайт]. – URL : <https://base.garant.ru/401433920> – (Дата обращения 20.04.2022). – Текст электронный.

29. Ордабаева Ж. Ж. Межпредметные связи физики, химии, биологии в формировании функциональной грамотности учащихся / Ж. Ж. Ордабаева // Международный журнал экспериментального образования. – Москва : Издательский дом «Академия Естествознания», 2015. – № 3-2. – С. 18–20.

30. Отчет по экологической безопасности ФГУП "ПО "Маяк" за 2020 год / Озерск : Типография ФГУП "ПО "Маяк", 2021. – 64 с.

31. Последствия техногенного радиационного воздействия и проблемы реабилитации Уральского региона // Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. – Москва : Комтехпринт. – 2002. – 287 с.

32. Ровинский Ф. Я. Поведение ^{90}Sr и некоторых других долгоживущих продуктов деления в непроточных водоёмах / Ф. Я. Ровинский. – Москва : [б.и.], 1964. – 162 с.

33. Ровинский Ф. Я. К вопросу миграции ^{90}Sr из почв с поверхностными водами / Ф. Я. Ровинский, З. Л. Сеницина, Ю. П. Черханов // Почвоведение. – Москва : Наука, 1976. – № 8. – С. 52–55.

34. Сабитова К. А. Требования к современному уроку в условиях введения ФГОС ООО нового поколения / К. А. Сабитова. – Астрахань : Издательский дом «Астраханский университет», 2021. – С. 138–140.

35. Сафронова Н. Г. О самоочищении непроточных водоёмов от долгоживущих радионуклидов / Н. Г. Сафронова, М. И. Воробьева // Атомная промышленность: окружающая среда и здоровье человека. – Москва : [б.и.], 1988. – С. 198–204.

36. Сутягин А. А. Распределение долгоживущих радионуклидов в почвах супераквального элемента ландшафта водосборных территорий некоторых озер дальней зоны ВУРСа / А. А. Сутягин, С. Г. Левина, В. В. Дерягин // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019 : Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции. – Севастополь : ФГАОУ ВО «СГУ», 2019. – С. 1585–1589.

37. Толстикова В. С. Кыштымская радиационная авария 1957 года: первые оценки радиационной обстановки после взрыва / В. С. Толстикова, В. Н. Кузнецов // Глобальная ядерная безопасность. – 2018. – №2 (27). – С. 104–107. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/kyshtymskaya-radiatsionnaya-avariya-1957-goda-pervye-otsenki-radiatsionnoy-obstanovki-posle-vzryva> – (Дата обращения 12.09.2021). – Текст электронный.

38. Тряпицына Г. А. Анализ накопления ^{90}Sr и ^{137}Cs высшей водной растительностью при радиоактивном загрязнении водоёмов (Уральский регион) / Г. А. Тряпицына, С. Г. Левина, С. В. Тряпицына [и др.] // Изучение водных и наземных экосистем: история и современность : Тезисы докладов Международной научной конференции, посвящённой 150-летию Севастопольской биологической станции. – Севастополь : ФГБУН ФИЦ

"Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН", 2021. – С. 614–615.

39. Тряпицына С. В. Медико-дозиметрическая база данных «Человек» уральского научно-практического центра радиационной медицины / С. В. Тряпицына, Н. В. Старцев, А. В. Аклеев // VIII Съезд по радиационным исследованиям: Тезисы докладов, Москва, 12–15 октября 2021 года. – Москва : Объединенный институт ядерных исследований, 2021. – С. 142.

40. Умаров А. А. Межпредметные связи – дидактическое условие совершенствования естественно научного образования / А. А. Умаров, У. Сафарали // Государственное управление. – Душанбе : Академия государственного управления при Президенте Республики Таджикистан. 2020. – № 2(46). – С. 191–197.

41. Хасанов А. А. Межпредметные связи как дидактическое условие повышения эффективности учебного процесса / А. А. Хасанов, К. З. Маматкаримов // Молодой ученый. — Казань : Молодой ученый, 2016. — № 20 (124). — С. 738–741. — URL: <https://moluch.ru/archive/124/33275/> – (Дата обращения 10.12.2021). – Текст электронный.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Методика определения содержания хлорид-ионов в почве аргентометрическим методом по Мору [6]

Сначала следует сделать качественную пробу на содержание в почве хлорид-ионов и в зависимости от результатов брать тот или иной объем вытяжки для количественного определения.

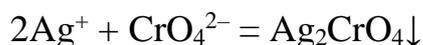
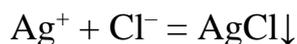
Пробу на хлорид-ионы выполняют следующим образом: берут 5 мл вытяжки подкисляют азотной кислотой. Прибавляют несколько капель раствора нитрата серебра и перемешивают. По величине осадка устанавливают необходимый для титрования объем вытяжки исходя из нижеследующего:

Таблица 1.1 – Объем вытяжки исходя из величины и вида осадка

Величина и вид осадка	Объем вытяжки, необходимый для определения Cl ⁻ , мл
Большой хлопьевидный осадок	5
Сильная муть	10
Слабая муть	20-25
Опалесценция	50 и более

В сильнозасоленных вытяжках, когда приходится брать малые объемы вытяжек для титрования (510 мл), взятую пробу следует разбавить водой до объема 2550 мл и более.

Метод Мора основан на взаимодействии хлорид-ионов с ионами серебра в присутствии хромат-ионов в качестве индикатора:



Из раствора сначала выделяется белый осадок AgCl. Раствор при этом имеет желтую окраску из-за ионов CrO₄²⁻. После осаждения всех хлорид-ионов образуется красно-бурый осадок Ag₂CrO₄, и раствор приобретает красноватый оттенок в точке эквивалентности.

Выполнение определения

В пробу бесцветной водной вытяжки прибавляют 1 мл 10% раствора хромата калия и титруют 0,02N раствором нитрата серебра до появления не исчезающей красно-бурой окраски. Титрование ведут при энергичном взбалтывании раствора.

Если вытяжки окрашены, то пробу, взятую для титрования, разбавляют дистиллированной водой.

Изменение окраски легче проследить при сравнении титруемого раствора со «свидетелем», т.е. с колбой, содержащей такой же объем вытяжки и такое же количество хромата калия.

При малом содержании хлорид-ионов в почве для определения берут 100 мл вытяжки, а иногда и больше, и упаривают взятую аликвотную часть до объема 2550 мл.

Содержание хлорид-ионов в почве рассчитывают по формуле (1.1):

$$T(\text{Cl}^-) = \frac{C_{\text{H}}(\text{AgNO}_3) \times V(\text{AgNO}_3) \times K(\text{AgNO}_3) \times 100}{m} \quad (1.1)$$

где $C_{\text{H}}(\text{AgNO}_3)$ нормальность раствора нитрата серебра, моль-экв/л;

$V(\text{AgNO}_3)$ объем раствора нитрата серебра, мл;

m – масса навески, г.

Реактивы:

– 10% раствор K_2CrO_4 ;

– титрованный раствор AgNO_3 .

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Методика определения рН водной вытяжки [6]

Определение рН водной вытяжки является первоочередным приемом исследования почв. Потенциометрическое определение рН состоит в измерении электродвижущей силы гальванического элемента, состоящего из электрода сравнения и индикаторного электрода, потенциал которого зависит от концентрации активных ионов в исследуемом растворе. В качестве индикаторного электрода обычно используют стеклянный электрод приборов, называемых потенциометрами или рН-метрами.

Прежде, чем приступить к потенциометрическому определению величины рН исследуемого раствора, необходимо изучить инструкцию пользования прибором и проверить показания его по буферным растворам.

Электрод сравнения и индикаторный электрод промывают дистиллированной водой и высушивают фильтровальной бумагой. Электроды погружают в анализируемую суспензию. Записывают показания прибора в лабораторный журнал, промывают электроды дистиллированной водой, сушат фильтровальной бумагой и проводят анализ следующей пробы. Определение следует повторять не менее 3 раз.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Методика приготовления водной вытяжки [6].

Отвешивают на технических весах такое количество воздушно-сухой почвы, которое соответствует 50 или 100 г сухой почвы. Для этого предварительно определяют содержание в почве гигроскопической воды и соответственно этому увеличивают навеску.

Навеску почвы помещают в колбу или склянку емкостью 500-1000 мл и приливают 5-кратное количество дистиллированной воды. Вода не должна содержать углекислоту, так как в ее присутствии происходит растворение карбонатов кальция и магния, вследствие образования растворимых бикарбонатов по уравнению:



Бикарбонаты увеличивают сухой остаток и общую щелочность водной вытяжки и искажают результаты анализа.

Склянку или колбу закрывают резиновой пробкой и взбалтывают в течении 3 минут, после чего вытяжку фильтруют через сухой складчатый фильтр.

Фильтрацию следует проводить в комнате, свободной от паров HCl и других кислот, а также от паров аммиака.

Фильтр помещают в воронку диаметром 15-20 см так, чтобы он лежал на 0,5-1 см ниже края воронки. Одиночный фильтр легко прорывается при перенесении на него почвы, поэтому под него подкладывают беззольный фильтр диаметром 9 см. Нельзя допускать, чтобы фильтр был выше воронки; в этом случае раствор, поднимаясь по капиллярам бумаги, образует «выцветы» солей по краю фильтра и тем снижает концентрацию в фильтрате.

Если для фильтрации используют фильтры, изготовленные из обычной бумаги, их следует предварительно обработать 1 % раствором HCl (до потери реакции на кальций), а затем промыть дистиллированной водой

от иона хлора (проба на AgNO_3), после чего фильтры высушивают на воздухе при температуре не выше 50°C . Такая обработка необходима потому, что простая бумага содержит примеси минеральных веществ и среди этих примесей больше всего кальция.

Перед тем как вылить вытяжку на фильтр, содержимое склянки или колбы встряхивают, чтобы взмутить навеску, и на фильтр стараются перенести по возможности всю почву. Почва забивает поры фильтра, задерживает коллоидные частицы и тем способствует получению прозрачного фильтрата.

При выливании струю суспензии направляют на боковую двойную стенку фильтра, но не на дно фильтра, так как при выливании на дно бумага может легко порваться от удара струи почвенной суспензии.

Первые порции фильтрата часто бывают мутными, и их приходится несколько раз перефильтровывать. Чтобы не загрязнить чистый приемник мутным фильтратом, первые порции его собирают в ту склянку или колбу, в которой проводили взбалтывание. Для этого, как только содержимое колбы будет вылит на фильтр, нижний конец трубки воронки закрывают пальцем и подставляют под нее ту колбу, из которой вылили суспензию.

Фильтрат собирают в склянку до тех пор, пока он не будет идти совершенно прозрачным. Прозрачный фильтрат собирают в чистый приемник, в качестве которого используют плоскодонную колбу емкостью 250-500 мл. Фильтрат из первого приемника выливают на фильтр и таким путем присоединяют к общей вытяжке.

Если почва не щелочная и богата растворимыми солями, что имеет место при исследовании засоленных почв, не содержащих ионов натрия, фильтрация вытяжки идет быстро, фильтрат с первых же капель получается прозрачным, без какой-либо опалесценции, так как катионы солей препятствуют переходу коллоидов почвы в раствор.

Если почва содержит мало растворимых солей и к тому же имеет щелочную реакцию, коллоидные частицы забивают поры фильтрата, и

фильтрация идет медленно. Для защиты вытяжки от испарения при длительном фильтровании воронку прикрывают большим покровным стеклом, а в горло колбы вставляют тампон ваты. В рабочем журнале следует всегда отмечать фильтруемость вытяжки, а также прозрачность и окраску фильтрата.

К анализу вытяжки приступают по окончании фильтрации, так как состав первой и последующих порций фильтрата может быть различным в отношении некоторых компонентов. Анализ вытяжки начинают с определения карбонатов и общей щелочности, поскольку щелочность при стоянии вытяжки может измениться.

При анализе вытяжек из солонцов и не засоленных почв обязательно следует ставить холостой опыт, показания которого вычитают из результатов каждого определения. Перед тем как брать пробу на отдельные определения, вытяжку необходимо перемешать круговым движением колбы.

Определения выполняют в возможно короткий срок, во время которого вытяжку хранят в колбе, закрытой пробкой.

Реактивы:

1. Дистиллированная вода без CO_2 . Бутыль емкостью 5 – 10 л заполняют на 94 объема дистиллированной водой и пропускают через воду воздух, очищенный от углекислоты. Пропускание воздуха ведут в течении 5–6 часов с помощью установки. Воду хранят в бутылки, закрытой пробкой с сифоном и хлоркальциевой трубкой, заполненной аскаритом.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Методика определения сульфат-ионов в присутствии индикатора нитрохромазо [6]

Метод заключается в осаждении сульфат-ионов в процессе титрования аликвотной части водной вытяжки раствором хлористого бария и определении конца титрования по появлению голубой окраски раствора вследствие взаимодействия избытка Ba^{2+} с металлиндикатором нитхромазо.

Выполнение определения.

Берем 10 мл вытяжки, предварительно пропущенной через катионит в Н форме с целью освобождения раствора от Ca^{2+} и других мешающих ионов, проверяем реакцию среды по индикаторной бумажке (рН должен быть в пределах 1,72) и подкисляем раствор 0,1Н НСl, чтобы иметь указанную кислотность анализируемой пробы.

Прибавляем равный объем ацетона или спирта, чтобы содержание их в растворе соответствовало 50%, вносим каплю 0,1% раствора нитхромазо и титруем 0,02Н $BaCl_2$ до перехода фиолетовой окраски в голубую. Комплекс нитхромазо с Ba^{2+} весьма прочный, образуется медленно и потому титрование должно быть тоже медленным с постоянным перемешиванием растворов. Появляющаяся иногда в первый момент голубая окраска при стоянии 3040 секунд должна перейти в сине-фиолетовую, а затем в голубую, неизменяющуюся в течение 12 мин. Концентрация SO_4^{2-} в титруемой пробе должна быть в пределах 0,045 мг S (в пересчете на серу).

Реактивы.

1. Раствор нитхромазо: 100 мг индикатора растворяют в 100 мл дистиллированной воды и переливают в капельницу.

2. $BaCl_2$: 2,0807 г $BaCl_2$ растворяют в 1 литре воды. Титр проверяют по 0,02Н серной кислоте, приготовленной из фиксаля.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Методика массового гамма-спектрометрического анализа. [25]

Методика основана на:

- выщелачивании радионуклидов 6Н соляной кислотой;
- выделении ^{90}Sr в форме оксалатов;
- отделении ^{90}Y от ^{90}Sr ;
- радиометрическом измерении полученных препаратов.

Предварительно растертую и просеянную навеску воздушно-сухой почвы 100500 г, в зависимости от предполагаемого уровня содержания радионуклида, прокаливают при $t = 400 - 500$ °С в течение 6-ти часов с периодическим перемешиванием для удаления органического вещества.

Прокаленный образец помещают в 1,52 литровый стакан, добавляют носитель стабильного стронция в виде раствора соли стронция с концентрацией металла 100 мг/мл и прибавляют 250 мл воды. После тщательного перемешивания осторожно добавляют 250 мл концентрированной соляной кислоты и продолжают непрерывно помешивать в течение 30 мин. Солянокислый экстракт фильтруют через два бумажных фильтра (белая или красная лента) на воронке Бюхнера. Остаток промывают примерно 500 мл горячей воды, переносят в стакан и повторяют обработку 500 мл 6Н соляной кислоты. Остаток почвы промывают горячей водой до обесцвечивания промывного раствора. Установлено, что при такой обработке почвы ^{90}Sr практически полностью переходит в раствор.

Солянокислые экстракты и промывные воды объединяют, нагревают на электрической плитке и начинают прибавлять порционно 30100 г кристаллической щавелевой кислоты, нагревают до полного ее растворения и осторожно нейтрализуют концентрированным раствором аммиака до рН 4, контролируя кислотность раствора индикаторной бумагой. При таком значении рН в осадке образуются оксалаты кальция и стронция.

Раствор с осадком выдерживают не менее 4 часов, для его формирования и кристаллизации. Если до достижения рН 4 осадок окрашивается в бурый цвет, то добавляют еще 520 г щавелевой кислоты для связывания железа в растворимый оксалатный комплекс. Осадок оксалатов должен быть чисто белого цвета. Осадок оксалатов отфильтровывают через два фильтра «синяя лента» на воронке Бюхнера, промывают водой, переносят вместе с фильтром в фарфоровый тигель и прокаливают 30 мин при $t = 750\pm 800$ °С.

Для определения химического выхода прокаленный осадок растворяют при нагревании в 6Н азотной кислоте, раствор упаривают досуха с периодическим добавлением перекиси водорода (56 раз по 23 капли).

Сухой остаток растворяют при нагревании в дистиллированной воде с добавлением 1–2 мл концентрированной азотной кислоты. В растворе безугольным аммиаком осаждают гидроксиды железа и алюминия. Осадок гидроксидов отфильтровывают через фильтр «белая лента», промывают горячей водой и отбрасывают. Раствор подкисляют азотной кислотой, доводят до объема 50 мл в мерной колбе или цилиндре и оставляют для накопления ^{90}Y . При этом из раствора берут аликвоту (2 мл), доводят до объема 25 мл, с помощью спектрометрического метода определяют выход носителя и рассчитывают потери ^{90}Sr .

Из раствора, оставленного для накопления ^{90}Y , через 12 суток выделяют его с помощью МИОМФК (фосфорорганическое соединение - моно-изооктил-метил-фосфоновая кислота). В широкой области кислотности МИОМФК образует с ионами трехвалентного железа твердую соль – миомфат железа. При его образовании переход радионуклидов из раствора в органическую фазу увеличивается, в результате чего резко возрастают.

Для выделения ^{90}Y раствор переносят в колбу емкостью 1 л, разбавляют водой до 500 мл и вносят 12 мл концентрированной азотной кислоты, чтобы получить 0,35Н раствор азотной кислоты. Добавляют 1 мл МИОМОК, 0,4 мл толуола, перемешивают 15 мин, приливают 5 мл $\text{Fe}(\text{NO})_3$

(10 мг/мл) и снова встряхивают 15 мин. Время выделения твердого экстракта фиксируют для введения поправки на распад ^{90}Y . Твердый осадок отфильтровывают через фильтр "белая лента", переносят в тарелочку, подсушивают в сушильном шкафу при температуре 105°C и измеряют активность пробы на малофоновой установке.

Содержание ^{90}Sr (Бк/кг) в исследуемых пробах окружающей среды рассчитывают по формуле (5.1):

$$A_{\text{Sr}} = \frac{A \times K_{\text{ф}} \times K_{\text{с}} \times K_{\text{п}}}{2P} \quad (5.1)$$

где: A – радиоактивность препарата, имп/сек;

$K_{\text{ф}}$ – поправка на эффективность ^{90}Sr ;

P – поправка на радиоактивный распад ^{90}Y за время, прошедшее с момента его выделения до измерения пробы;

$K_{\text{с}}$ – поправка на самопоглощение излучения в препарате;

$K_{\text{п}}$ – поправка на потерю стабильного стронция;

P – навеска, кг.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Мероприятия, реализуемые в ходе естественнонаучной недели
«Путешествие в страну естественных наук»



Рисунок 6.1 – «Экспедиция Алхимика»



Рисунок 6.2 – Фотографии мероприятия «Соревнование по ориентированию в заданном направлении»



Рисунок 6.3 – Фотография мероприятия «Эко-лекция»



Рисунок 6.4 – Фотография мероприятия «Награждение победителей»