Министерство образования и науки Республики Казахстан

Семипалатинский государственный университет им. Шакарима

Инженерно – технологический факультет

Кафедра Химия и Экспертиза

Допустить к защите:

Зав.кафедрой: к.х.н., доцент

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Яшкарова М.Г.

"\_\_\_\_"\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2008 г.

Выпускная работа

на тему: «ОЦЕНКА ВКЛАДА 137Cs И 40К В СУММАРНУЮ БЕТА-АКТИВНОСТЬ 90Sr В ПРОБАХ ПОЧВЫ, ОТОБРАННОЙ НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ (СИП)»

Выполнил Кудагелдинов А.А.

Научный руководитель к.х.н., доцент

Яшкарова М.Г.

Нормоконтролер:

доцент Кабдулкаримова К.К.

СЕМЕЙ 2008

Содержание

Введение 4

[1 Литературный обзор 7](#_Toc200881474)

[1.1 Общая характеристика бывшего Семипалатинского испытательного полигона 7](#_Toc200881475)

[1.1.1 Создание Семипалатинского испытательного полигона 7](#_Toc200881476)

[1.2 Основные сведения об испытательных площадках 11](#_Toc200881477)

[1.2.1 Площадка "Дегелен" 11](#_Toc200881478)

1.2.2 Площадка "Балапан" 10

[1.2.2 Площадка "Опытное поле" 14](#_Toc200881479)

[1.2.3 Южная территория СИП 16](#_Toc200881480)

[1.2.4 Изученность территории СИП 17](#_Toc200881481)

[1.3 Радиоактивность, виды излучений и закономерности радиоактивного распада 19](#_Toc200881482)

[1.3.1 Основные характеристики ионизирующего излучения 22](#_Toc200881483)

[1.3.2 Радиоактивный распад 24](#_Toc200881484)

[1.3.3 Характеристика стронция, калия и цезия 26](#_Toc200881485)

[2 Экспериментальная часть 37](#_Toc200881486)

[2.1 Радиохимический метод анализа 37](#_Toc200881487)

[2.1.1 Отбор проб почвы 37](#_Toc200881488)

[2.1.2 Подготовка проб почвы к радиохимическому анализу 38](#_Toc200881489)

[2.1.3 Радиохимический анализ проб почвы на 90Sr 38](#_Toc200881490)

[2.2 Радиометрический метод анализа 41](#_Toc200881491)

[2.2.1 Общие сведения о бета-спектрометрическом комплексе "ПРОГРЕСС" 41](#_Toc200881493)

[2.3 Оценка вклада 40К и 137Cs в фоновую активность 90Sr путем сравнения методик 42](#_Toc200881496)

[3 Безопасность и охрана труда 45](#_Toc200881497)

[3.1Электробезопасность 45](#_Toc200881498)

[3.2 Защита работающих от действия электрического тока 46](#_Toc200881499)

[3.3 Общие нормы радиационной безопасности 46](#_Toc200881500)

[3.4 Меры индивидуальной защиты и личной гигиены 49](#_Toc200881501)

[3.5 Радиационная безопасность в лаборатории радиохимических исследований отдела РЭ 49](#_Toc200881502)

[3.5.1 Общие требования 49](#_Toc200881503)

[3.5.2 Техника безопасности при работе с едкими и горячими жидкостями 52](#_Toc200881508)

[3.5.3 Техника безопасности при работе с легковоспламеняющимися жидкостями 53](#_Toc200881509)

[3.5.4 Техника безопасности при работе со стеклянными приборами 55](#_Toc200881510)

Заключение 57

Список использованной литературы 58

Приложение А 60

Введение

Разработка и создание атомной бомбы, военное противостояние двух государственных систем привело к гонке вооружения и дальнейшему ускоренному совершенствованию и наращиванию ядерного оружия великими державами во второй половине XX века. Основной базой для отработки конструкции и испытаний различных типов ядерного и термоядерного оружия в бывшем СССР стал Семипалатинский испытательный полигон (СИП).

Радионуклиды, образовавшиеся при ядерных взрывах за весь период испытаний, выпали на территорию СИП и за его пределами. В настоящее время основным источником загрязнения территории СИП и прилегающих регионах является вторичное загрязнение.

Наибольшую опасность представляют такие биологически опасные долгоживущие радионуклиды, как 240Pu, 137Cs и в том числе 90Sr.

Проблемы радиоактивного стронция привлекают внимание широкого круга специалистов в области радиобиологии и радиационной безопасности. Это обусловлено сравнительно высоким выходом стронция при ядерном делении, а также его способностью мигрировать из внешней среды по пищевым цепочкам. 90Sr, попав в организм, фиксируется в скелете, облучая костный мозг и костную ткань.

Цель работы: Сравнение спектрометрического и радиохимического методов анализа при оценке вклада 137Cs и 40К на суммарную бета-активность 90Sr в почве, отобранной на площадках СИП с активностью менее 2000 Бк/кг.

Актуальность исследования связана с тем, что радионуклид 90Sr гамма – спектрометрическим методом определить невозможно, так как он является “чистым” источником бета - излучения. В полевых и лабораторных условиях радиометром можно измерить только суммарную бета – активность. Бета – излучением обладают и другие, как естественные радионуклиды, так и техногенные.

Достоверность полученных данных:

В работе использовались стандартные химические растворы. Отбор проб проводился гравиметрическим методом, при анализе проб почвы использовались радиохимическая и спектрометрическая методики. Данные получены на поверенных приборах, программа разработана Российским ЗАО НПП "Доза". Спектроскопический комплекс "Прогресс" внесен в Государственный реестр, средств измерений Р.Ф. 22.06.01, сертификат RU.C.38.002.A №10317

Практическая значимость:

Полученные результаты могут быть использованы специалистами при решении проблем, связанных с радиационной безопасностью.

Выпускная работа содержит 45 страниц, 11 рисунков, 5 таблиц, 2 приложения, список литературы включает 18 наименований.

В работе исследованы образцы почв отобранных с различных площадок СИП.

Проведен спектроскопический и радиохимический анализ проб почвы.

Оценен вклад изотопов 137Cs и 40К на суммарную бета-активность 90Sr.

Работа выполнена в лаборатории радиохимических исследований отдела радиационных исследований и восстановления экосистем Института Радиационной безопасности и Экологии РГП НЯЦ РК.

Перечень основных сокращенных слов

СИП – Семипалатинский испытательный полигон

РВ – Радиоактивные вещества

ЯВ – Ядерное вооружение

ГГС – Горный сейсмический комплекс в горном массиве «Дегелен»

ПСК – Полевой сейсмический комплекс

ПК – Персональный компьютер

СИЗ – Средства индивидуальной защиты

90Sr – Стронций-90

137Cs – Цезий-137

239Pu – Плутоний – 239

1. Литературный обзор

1.1 Общая характеристика бывшего Семипалатинского испытательного полигона

1.1.1 Создание Семипалатинского испытательного полигона

Главное требование, которым руководствовались при выборе места для строительства испытательного ядерного полигона, заключалось в том, чтобы это был практически безлюдный район, без сельскохозяйственных угодий и обширный по площади. Кроме того, этот район должен был иметь по близости хотя бы минимум транспортных артерий, а также возможность обустройства на его территории местной взлетно-посадочной полосы для приема транспортных самолетов, поскольку предстояло кроме перевозки большого количества грузов наладить постоянно действующую оперативную связь. По предварительным расчетам диаметр необходимой для полигона территории должен был составлять не менее 200 км. После долгих поисков такой район, удовлетворяющий всем предъявляемым к нему требованиям, был найден в степях бывшей Семипалатинской области.

Полигон охватывает территории Восточно-Казахстанской, Павлодарской, и Карагандинской областей. Общая площадь-18500 км2, периметр около 600 км. На каждую из перечисленных областей приходится соответственно 54 %, 39 %, 7 % территории полигона (рисунок 1).

Территория полигона протянулась от реки Иртыш в юго-западном направлении на 180 км. На СИП за период с 1949 года по 1989 год на полигоне произведено более 450 ядерных испытаний, в том числе; 30 наземных, 86 воздушных, 354 подземных (131 - в скважинах, 209 – в штольнях). Первый взрыв ядерного устройства был произведен 29 августа 1949 г. в 7.00 часов утра, а 18.10.51 г. было произведено боевое испытание атомной бомбы. 12.08.53 г. было испытано первое термоядерное устройство, а 29.11.55 г. – водородная бомба.

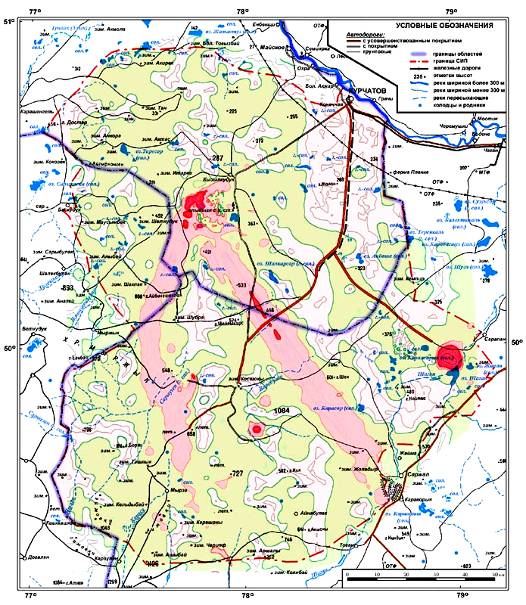


Рисунок 1 – Общий вид СИП

Испытания, проводившиеся на СИП, не всегда имели своей целью отработку оружия и военных технологий. Ядерные испытания можно распределить следующим образом:

–испытания в интересах создания или совершенствования ядерного оружия;

–исследования аварийных режимов и аварийных ситуаций;

–исследования поражающих факторов ЯВ;

–фундаментальные и методические исследования;

–промышленные ЯВ в мирных целях;

–отработка промышленных зарядов для производства ЯВ в мирных целях.

С точки зрения радиационных последствий ядерные взрывы можно сгруппировать следующим образом:

–Наземные взрывы – характеризуются, в основном, выпадением активности на территории полигона;

–Воздушные взрывы – характеризуются, в основном, выносом активности за пределы полигона и её разбавлением в атмосфере;

–Подземные взрывы – характеризуются, в основном, сосредоточением активности в котловых полостях, исключением являются взрывы на выброс, которые приводят к загрязнению поверхности, как наземные взрывы.

Полигон является сложным научно-исследовательским комплексом. Структурно он состоит из базового городка – Курчатов с лабораторно-экспериментальной базой и большого количества опытных площадок, наиболее крупными из которых являются: площадка "Балапан" (ПСК – полевой сейсмический комплекс), площадка "Г" (ГГС – горный сейсмический комплекс в горном массиве Дегелен) и площадка "Ш" ("Опытное поле").

Таблица 1 – Краткие сведения о ядерных испытаниях, проведенных 1949-1989гг. на Семипалатинском полигоне, их тротиловом эквиваленте и количестве радионуклидов, выброшенных в окружающую среду

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид испытания | Количество испытаний (взрывов) | Тротиловый эквивалент, Мт | Количество радионуклидов, выброшенных в атмосферу в период испытаний, МКи | | |
| Cs-137 | Sr-90 | Pu-239,240 |
| Наземные | 30 | 0,6 | 0,056 | 0,035 | 0,006 |
| Воздушные | 86 | 6,0 | 0,200 | 0,12 | 0,020 |
| Подземные в том числе:  в штольнях,  в скважинах | 340 (491)  209 (304)  131 (187) | 11,1 | 0,020 | 0,010 | 0 |
| Итого | 456 (607) | 17,7 | 0,28 | 0,17 | 0,026 |

Количество 90Sr, выброшенного в атмосферу, примерно в 1,5-1,7 раза меньше, чем 137Cs. К настоящему времени (более чем через 35 лет после окончания испытании в атмосфере) осталось 40-42 % ядер 90Sr и 42-44 % ядер 137Cs. Загрязнение по 90Sr в виде аэро-гамма-съемки представленно в приложении 1.

По результатам анализа закономерностей образования радиоактивного загрязнения окружающей среды было установлено, что распределение радиоактивных продуктов в разных средах после воздушных и наземных испытаний ядерных зарядов происходит неодинаково.

Так при наземных взрывах основная доля радиоактивных веществ (РВ) выпадает в районе воронки и на ближнем (локальном) следе, что приводит к сильному радиоактивному загрязнению окружающей среды, при этом дозы излучения на местности до полного распада РВ могут составлять 100 и более Грей (рисунок 2).

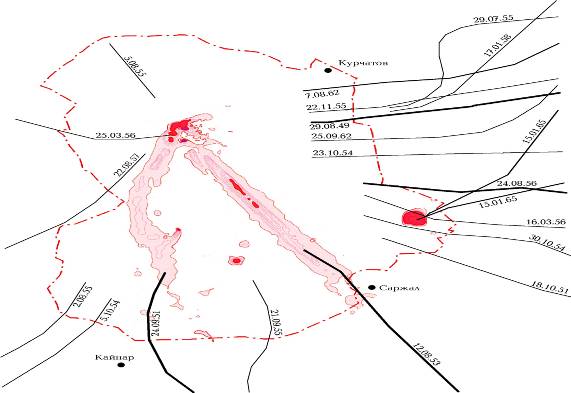


Рисунок 2 – Основные следы радиоактивных выпадений, образованные при ядерных взрывах на СИП

До сих пор недостаточно изучены ветровая эрозия и перенос радиоактивных частиц почвы ветром, движение грунтовых вод и диффузионные процессы из воронок и полостей ядерных взрывов и других очагов заражения. Обращает внимание на себя большая концентрация 137Cs, 241Аm, а значит и 90Sr, плутония в воронках ядерных взрывов, что говорит о сохраняющейся опасности для радиологической обстановки.

Радиоактивные загрязнения на испытательной площадке "Дегелен" в основном обусловлены подземными ядерными взрывами.

Масштаб загрязнения подземными ядерными взрывами зависит от механизмов переноса радиоактивности в окружающей среде. К основным механизмам переноса активности относятся следующие:

вынос образовавшихся радиоактивных продуктов под действием ядерных взрывов в верхние слои атмосферы;

напорное истечение радиоактивных веществ из полости взрыва под действием избыточного давления;

конвективное движение нагретых от тепла взрыва газов в поле тяжести Земли;

ветровой перенос радиоактивной пыли в приземном слое воздуха;

1.2 Основные сведения об испытательных площадках

1.2.1 Площадка "Дегелен"

Горный массив "Дегелен" расположен на северо-восточной окраине Центрально Казахского мелкосопочника и юго-западной части бывшего СИП, занимая площадь около 350 км2.

Радиоэкологическая обстановка горного массива "Дегелен" сложилась, в основном, под воздействием ядерных взрывов в штольнях. Всего в 181 штольне было проведено 209 ядерных взрывов. При этом в 10 штольнях ядерные взрывы не состоялись. Радиоактивное загрязнение дневной поверхности обусловлено, в основном:

– прорывом паро-газовых продуктов взрывов через забивочные комплексы с выходом их на дневную поверхность через порталы штолен;

– миграцией радионуклидов с штольневыми водами;

– бесконтрольной хозяйственной деятельностью.

По результатам проведенных измерений МЭД и плотности поверхностного загрязнения β-излучением радиационная обстановка на приустьевых участках штолен выглядит следующим образом:

– на 125 штольнях МЭД составляет до 60 мкР/час (из них на 68 - до 33 мкР/час);

– на 41 штольне - от 60 до 1000 мкР/час;

– на 9 штольнях - от 1000 до 2900 мкР/час;

– на 6 штольнях - более 2900 мкР/час.

Измерение плотности поверхностного загрязнения β-излучателями показал, что минимальным значением характеризуется приустьевой участок штольни № 420 (3 част/мин\*см2). Максимальное значение обнаружено на штольне № 810 –27000 част/мин\*см3. В целом, 181 штольня по плотности поверхностного загрязнения β-излучателями распределились следующим образом:

– на 131 штольне - до 200 част/мин\*см3;

– на 35 штольнях - от 200 до 2000 част/мин\*см3;

– на 15 штольнях - от 2000 до 10000 част/мин\*см3

Из числа наиболее загрязненных штолен наиболее высокий уровень радиационного загрязнения приходится на штольни с водопроявлениями. Такие штольни расположены практически во всех частях горного массива "Дегелен" и оказывают непосредственное влияние на загрязнение прилегающих территорий. Анализ результатов исследований позволяет сделать предположение, что нарушение структуры горных пород при ядерных взрывах, а также продолжающиеся образования новых трещин горного массива привели к изменению направления движения трещинных вод. Эти воды выносят радионуклиды на дневную поверхность и будут длительное время участвовать в формировании радиационной обстановки горного массива [2].

Вода из штолен поступает в систему ручьёв горного массива "Дегелен" и может выносить радионуклиды за его пределы.

Растительность горного массива «Дегелен» представлена типично степными сообществами, включающими более 200 видов высших растений.

1.2.2 Площадка ″Балапан″

Исследовательская площадка "Балапан" – одна из самых значительных по объему и масштабности выполняемых работ. Она предназначалась в первую очередь для осуществления испытаний ядерного оружия в скважинах с максимальной пороговой мощностью до 150 килотонн.

Скважина – это вертикальная выработка, частично имеющая обсадку трубами различного диаметра, ниже открытый ствол диаметром 900 мм. Глубина скважины достигала 1500 м.

Испытываемый заряд опускался в нижнюю часть скважины на специальной колонне, состоящей из труб различного диаметра. Одновременно с зарядом в скважину опускалась приборная подвеска, на которой размещались датчики измерения параметров взрыва, которые с помощью кабельных линий были связаны с регистрирующей аппаратурой. Контрольно-измерительная аппаратура располагалась на поверхности в передвижных комплексах на безопасном удалении от боевой скважины.

После спуска заряда производилась забойка скважины на всю глубину. Конструкция забивочного комплекса представляла собой сочетание силовых и технологических элементов: цементных пробок и участков щебеночной засыпки.

Параллельно с основными задачами на площадке выполнялись и ряд военно-прикладных работ в области механики, физики горения, моделирования землетрясений, определение сейсмостойкости зданий и сооружений, отработка методик тушения нефтяных фонтанов.

Последний подземный ядерный взрыв на Семипалатинском полигоне был проведен в одной из скважин на площадке "Балапан" 19 октября 1989 г.

На испытательной площадке "Балапан" расположены не только скважины, в которых проводились подземные ядерные взрывы, а также и полевой сейсмический комплекс, на территории которого размещались шахтные пусковые установки для межконтинентальных ракет.[1]

1.2.3 Площадка "Опытное поле"

Большое значение уделяется изучению радиоэкологической обстановки на площадке "Опытное поле". На территории "Опытного поля" всего было проведено 116 ядерных испытаний. Из них воздушных - 86, наземных - 30. В результате сложилась очень сложная радиоэкологическая обстановка. Большую радиационную опасность среди радиоактивных загрязнителей "Опытного поля" несут на себе так называемые "горячие частицы", образующиеся в большом изобилии и разнообразии при проведении атмосферных ядерных взрывов. Эти частицы представляют собой монолитные агрегаты, состоящие из непрореагировавшего ядерного топлива, часто с примесью элементов его конструкции и горных пород, активированных при реакции деления. Попадание в организм такой "горячей частицы" обусловливает большую дозу внутреннего облучения в месте её отложения. Сказанное выше усугубляет наличие пыльных бурь, характерных для этого региона. В непосредственной близости от "Опытного поля" находятся пункты водопоя скота, зимовки.

К настоящему времени было проведено обследование радиоэкологической обстановки методом маршрутной съемки. Маршруты начинались с эпицентра наземных ядерных взрывов и радиально расходились в 8-ми направлениях по сторонам света. Маршруты располагались как можно ближе к осям основных дозообразующих следов. Базовым источником информации являлась аэро-гамма-спектрометрическая съемка (Приложение 1).

По результатам полевых радиометрических измерений можно отметить, что значения радиационных параметров на расстоянии 2 км от эпицентра и далее по лучам меняются незначительно:

северный след, северо-восточный, восточный и северо-западный отличаются незначительно - МЭД от 13 до 28 мкР/час, плотность поверхностного загрязнения β-излучателями - от 3 до 34 част/мин\*см3;

юго-восточный след - МЭД от 10 до 40 мкР/час, плотность поверхностного загрязнения β -излучателями - от 2 до 80 част/мин\*см3;

южный след - МЭД от 14 до 32 мкР/час, плотность поверхностного загрязнения β -излучателями - от 4 до 240 част/мин\*см3;

юго-западный след - МЭД от 17 до 27 мкР/час, плотность поверхностного загрязнения β-излучателями - от 9 до 83 част/мин\*см3;

западный след - МЭД от 14 до 52 мкР/час, плотность поверхностного загрязнения β-излучателями - от 3 до 32 част/мин\*см3.

Более высокие их значения отмечаются ближе к эпицентру. При этом на северном, юго-восточном и юго-западном направлениях некоторые повышенные значения по β-излучателям выявлены на различных расстояниях от эпицентра, что говорит о неравномерности загрязнения по предполагаемым следам. В эпицентральной зоне удельная активность 137Cs - до 3 000 Бк/кг [2;3;4].

При γ-спектральном и радиохимическом анализах проб, отобранных с территории "Опытное поля", обнаружены как радионуклиды продуктов деления (137Cs и 90Sr), так и непрореагированного ядерного горючего (239Pu и 240Pu) и продуктов активации (60Co, 152Eu и 154Eu). Изучение распределения содержания радионуклидов в пробах, отобранных по различным направлениям от эпицентра "Опытного поля", показало, что южный и юго-восточный след являются наиболее представительными по количеству содержания радионуклидов. [5]

Растительный покров "Опытного поля" в результате наземных ядерных испытаний был полностью уничтожен, и в настоящее время представлен различными стадиями восстановления коренной растительности, характерной для обширной территории степной зоны Центрального Казахстана. Соотношение основных семейств "Опытного поля" несколько отличается от всего Казахского мелкосопочника. Растительный покров обширной мелкосопочной равнины формируют зональные холодно-полынно-типчаково-тырсиковые ценозы, иногда с участием спиреи зверобоелистной. По впадинам встречаются галафитная и луговая растительность. По склонам мелкосопочника преобладают полынно-злаково-кустарниковые ценозы с участием петрофитного разнотравья. [6]

1.2.4 Южная территория СИП

Известно, что радиоактивное загрязнение подразделяется на сильное, умеренное и слабое. В южной части полигона прошли радиоактивные следы от пяти наземных атомных взрывов, проведенных в период с 1949 по 1962 год. Два из них вызвали сильное загрязнение: 24 сентября 1951 года атомный взрыв - полоса радиоактивного загрязнения с дозой гамма-излучения, превышающей 50 Рентген, 12 августа 1953 года был произведен термоядерный взрыв, который вызвал полосу радиоактивного загрязнения свыше 50 рентген. Остальные взрывы внесли умеренное загрязнение, с дозами гамма-излучения более 5 рентген, но не более 50 рентген. Радиоактивные выпадения от других наземных взрывов в Южной части не зафиксированы, или были практически незначительными.

Следует отметить, что именно эти взрывы внесли наибольший вклад в радиоактивное загрязнение.

Загрязнение в период с 1962 по 1989 гг. связано, прежде всего, с наличием в непосредственной близости от этого района испытательной площадки "Дегелен". На площадке, наряду с обычными испытаниями, проводились и экскавационные взрывы, последствия от которых примерно такие же, как и от наземных взрывов.

Горный массив прорезан относительно неширокими долинами, имеющими сток в различных направлениях. На сегодняшний день, на сравнительно небольшой площади горного массива «Дегелен» сконцентрировано огромное количество радиоактивных продуктов, представляющих опасность для окружающей среды. Радионуклиды выносятся с территории площадки грунтовыми водами, ручьями, ветром с частичками пыли и грунта на прилегающие территории в том числе и на южную часть СИП.

Институтом радиационной безопасности и экологии было проведено детальное обследование 12 водотоков штолен и приустьевых площадок, шесть из них расположены на юге «Дегелена» и вытекают из штолен в южном направлении. Исследования проводились на определение наличия радионуклидов в воде и почве, выявление мощности экспозиционной дозы гамма-излучения и поверхностного загрязнения бета частицами. [6, 7]

Характер радионуклидного загрязнения воды неравномерен и зависит от сезонных проявлений. Характер радионуклидного загрязнения почвы также неоднороден и резко колеблется на сравнительно небольшом удалении друг от друга.

В целом, радиационная обстановка на территории Южной части СИП находится в пределах нормы предельно допустимых значений с незначительными превышениями их в некоторых местах. Но если сравнивать с величиной глобального загрязнения, то видно, что ядерные испытания оказали большое влияние на радиационную обстановку в Южной части СИП. По сравнению с фоновыми значениями на южной части СИП отмечено превышение практически по всем радиационным показателям.

1.2.5 Изученность территории СИП

Учитывая размеры территории Полигона, более чем сорокалетний период проведения значительного числа ядерных испытаний, а также отсутствие полной достоверной информации о радиационном загрязнении окружающей среды от проведенных испытаний (частично из-за того, что работы носили секретный характер, а частично из-за того, что в ряде случаев такие исследования военными вообще не проводились), НЯЦ РК, начиная с 1994 г., практический заново проводит исследования радиоэкологической обстановки на Полигоне. Отдельные участки полигона уже сейчас достаточно изучены (южная часть полигона, где проведено площадное исследование).

Тем не менее, этой информации недостаточно для окончательного заключения о возможности хозяйственного использования той или иной части Полигона без проведения целенаправленных дополнительных исследований.

На основании имеющейся информации, территория Полигона разделена на три категории:

1Территории со значительным и достоверно известным радиационным загрязнением (непосредственно места эпицентров ядерных взрывов) или места расположения ядерных объектов и хранилищ ядерных отходов, которые не могут быть использованы в иной хозяйственной деятельности, кроме существующей, в течение длительного периода времени. К данной категории относятся непосредственно места проведения ядерных взрывов на площадках "Опытное поле", "Балапан", "Дегелен".

2Радиационно-загрязненные территории, хозяйственное использование которых потребует проведения дополнительных радиоэкологических исследований, и отдельные участки которые по результатам исследования могут быть выведены из хозяйственной деятельности на длительный период или потребуют проведения дезактивационных работ. Сюда следует отнести территории вышеуказанных площадок и прилегающие к ним территории, загрязненные при прохождении радиоактивных облаков при проведении наземных ядерных испытаний (следы).

Территории, которые по предварительным данным значительного радиационного загрязнения не имеют и после контрольного обследования могут быть переданы в хозяйственное пользование. Тем не менее, необходимо учитывать возможность наличия локальных "пятен" загрязнения и на таких территориях. К этой категории относятся вся остальная территория Полигона.[8]

1.3 Радиоактивность, виды излучений и закономерности радиоактивного распада

Радиоактивностью называется способность некоторых атомных ядер самопроизвольно распадаться с испусканием элементарных частиц. При этом исходное ядро превращается в ядро изотопа другого элемента.[9]

Радиоактивность, которая наблюдается у изотопов, встречающихся в естественных условиях, таких как 40К, 238U, 232Th получила название естественной радиоактивности, а радиоактивность изотопов, полученных в результате ядерных реакций – Cs, Am, Co, Eu, Pu и т.п. называется искусственной радиоактивностью. Однако эти названия теперь больше отражают лишь способ получения радиоактивного изотопа. Принципиальной разницы между этими видами радиоактивности не существует, так как свойства изотопа не зависят от способа его образования.

Радиоактивное излучение производит ионизирующее действие, потемнение фотографической эмульсии, вызывает свечение некоторых флюоресцирующих веществ. Радиоактивный изотоп постоянно выделяет энергию, и поэтому его температура всегда несколько выше температуры окружающей среды. По степени этих действий можно судить о степени активности того или иного радиоактивного элемента. Уже самые первые исследования показали, что радиоактивность изотопа не зависит от того, находится ли он в чистом виде или в составе каких-либо химических соединений, если в них содержится одинаковое количество основного радиоактивного изотопа.

Радиоактивные превращения протекают самопроизвольно. На скорость их течения не оказывают никакого воздействия изменения температуры и давления, наличие электрического и магнитного полей, вид химического соединения данного радиоактивного элемента и его агрегатное состояние. Из этого был сделан вывод о том, что радиоактивный процесс разыгрывается в атомном ядре.

Нельзя повлиять на течение процесса радиоактивного распада, не изменив состояния атомного ядра. Поэтому для данного атомного ядра, находящегося в определенном энергетическом состоянии, вероятность радиоактивного распада за единицу времени является постоянной.

Это выражает закон радиоактивного распада

,(1)

гдеN – число распавшихся ядер за время t;

N0 – число радиоактивных ядер в начальный момент времени;

λ – постоянная распада.

Т.е. число атомов радиоактивного изотопа уменьшается с течением времени по экспоненциальному закону (Рисунок 3).

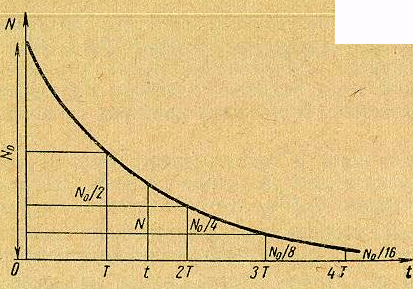


Рисунок 3 – Кривая радиоактивного распада изотопа

Этот закон является статистическим. Как и во всяких статистических явлениях в законе радиоактивного распада наблюдаются флуктуации.

Экспериментальные данные, полученные из наблюдений за радиоактивным распадом различных изотопов, хорошо подтверждают справедливость закона радиоактивного распада.

Значение постоянной распада λ может быть определено из графика, выражающего зависимость

,

которая получается интегрированием, и построенного на плоскости координат t и ln N. Наклон прямой к оси t и определяет значение tgφ = λ. (Рисунок 4).

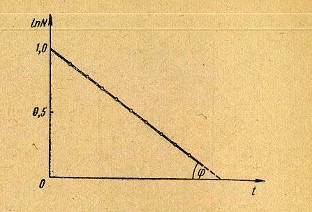


Рисунок 4 – Кривая зависимости lnN от времени t

Если известно значение постоянной радиоактивного распада λ, характеризующей степень неустойчивости ядра, то можно вычислить среднюю продолжительность жизни τ радиоактивного атома. Средняя продолжительность их жизни τ равна

 (2)

Таким образом, τ равно обратной величине постоянной распада λ.

Практически более удобным оказалось характеризовать продолжительность жизни радиоактивного изотопа периодом полураспада Т1/2. Периодом полураспада Т1/2 называется то время, в течение которого распадается половина начального количества атомов данного радиоактивного вещества. Из соотношения (2) имеем

,(3)

откуда потенцированием получаем

.(4)

Периоды полураспада различных естественных изотопов весьма различны и выражаются в секундах, минутах, днях и годах. Постоянная радиоактивного распада выражается в обратных секундах. [10]

Вещества с большим периодом полураспада слабоактивны, имеют малое λ. У этих нуклидов период полураспада больше геологического возраста Земли.

1.3.1 Основные характеристики ионизирующего излучения

Все атомные и субатомные частицы, вылетающие из ядра атома при радиоактивном распаде:α, β, n, ρ, γ и так далее - называют радиоактивными частицами, радиоактивным или ионизирующим излучением (ИИ), так как все они при прохождении через вещество:

- во-первых, приводят к его ионизации, к образованию горячих (высокоэнергетичных) и исключительно реакционно-способных частиц: ионов и свободных радикалов (осколков молекул, не имеющих заряда);

- во-вторых, могут приводить к активации (активированию) вещества, к появлению так называемой наведённой активности, то есть к превращению стабильных атомов в радиоактивные - появлению радионуклидов активационного происхождения.

Поэтому основными характеристиками ИИ являются энергия частиц, их пробег в разных средах или проникающая способность, а также их ионизирующая способность (особенно в смысле опасности для биологических объектов).

Энергию частиц измеряют в электрон-вольтах (эВ). Электрон-вольт - это энергия, которую приобретает электрон под действием электрического поля с разностью потенциалов (напряжением) в 1 вольт.

Проходя через вещество альфа- и бета-излучения в основном взаимодействуют с электронами атомов, передавая им свою энергию, которая расходуется на ионизацию (отрыв электрона от атома) и возбуждение (перевод электрона на более высшие орбитали).

Число ионизированных и возбужденных атомов образуемой альфа-частицей на единице длинны пути в среде, в сотни раз больше, чем у бета-частицы. Фотоны взаимодействуют с электронами атомов и с электрическим полем ядра. Проходя через вещество, фотонное излучение никогда не поглощается полностью. В этом его отличие от корпускулярного излучения.

Передача энергии фотонного излучения происходит в процессе фотоэлектрического поглощения, в результате которого фотон исчезает, расходуя свою энергию на отрыв электрона.

Таким образом, фотонное излучение непосредственно ионизации не производит, но в процессе взаимодействия с атомом передает часть или всю свою энергию электронам, которые затем производят ионизацию.

Принципиально по-иному происходит взаимодействие при прохождении нейтронов через вещество. Они взаимодействуют не с электронами, а только с ядрами атомов среды, передавая им часть своей энергии. Ядра, получившие от нейтронов часть кинетической энергии, вылетают из электронной оболочки и, будучи положительно заряженными, производят ионизацию атомов среды.[11]

1.3.2 Радиоактивный распад

Радиоактивный распад - это испускание, выбрасывание с огромными скоростями из ядер атомов «элементарных» (атомных, субатомных) частиц, которые принято называть радиоактивными частицами или радиоактивным излучением. При этом, как уже было сказано, в подавляющем большинстве случаев ядро атома (а значит, и сам атом) одного химического элемента превращается в ядро атома (в атом) другого химического элемента; или один изотоп данного химического элемента превращается в другой изотоп того же элемента.

Радиоактивный распад, как и все другие виды радиоактивных превращений, может быть естественным (самопроизвольным, спонтанным) и искусственным, вызванным попаданием в ядро стабильного атома какой-либо частицы извне.

Для естественных (природных) радионуклидов основными видами радиоактивного распада являются альфа- и бета минус-распад (хотя встречаются и другие). Названия “альфа” и “бета” были даны Эрнестом Резерфордом в 1900 году при изучении радиоактивных излучений.

Для искусственных (техногенных) радионуклидов кроме этого характерны также нейтронный, протонный, позитронный (бета-плюс) и более редкие виды распада и ядерных превращений (мезонный, К-захват, изомерный переход, «откалывание» и др.).[12]

Все виды самопроизвольного радиоактивного распада характеризуются временем жизни радионуклида и его активностью, то есть скоростью распада. Показателем времени жизни радионуклида, скорости его распада является период полураспада. Используется также радиоактивная постоянная или постоянная (константа) распада.

Период полураспада (T1/2)- время, в течение которого половина радиоактивных атомов распадается и их количество уменьшается в два раза. Периоды полураспада у всех радионуклидов разные - от долей секунды (короткоживущие радионуклиды) до миллиардов лет (долгоживущие).

Активность - это количество актов распада (в общем случае актов радиоактивных, ядерных превращений) в единицу времени (как правило, в секунду). Единицами измерения активности являются беккерель и кюри.

Беккерель (Бк) - это один акт распада в секунду (1 расп/сек). Единица названа в честь французского физика, лауреата Нобелевской премии Антуана Анри Беккереля.

Кюри (Ки) - 3,7⋅1010 (расп/сек). Эта единица возникла исторически: такой активностью обладает 1 грамм 226Ra равновесии с дочерними продуктами распада. Именно с 226Ra долгие годы работали лауреаты Нобелевской премии французские учёные супруги Пьер Кюри и Мария Склодовская-Кюри.

Есть понятие «удельная активность» (весовая или объёмная) - это активность единицы массы (веса) или объёма вещества. Или, точнее, активность радионуклида (или смеси радионуклидов) в единице веса или объёма вещества. Ориентировочно можно считать, что активность небольшого количества (граммы) и/или с небольшой начальной активностью (мКи; мкКи) радионуклида уменьшается до практически безопасного уровня (иногда почти до нуля) через 10 периодов полураспада. За это время количество радиоактивных атомов, а значит и актов распада, то есть активность, уменьшается в 2 раза.

Радиоактивная постоянная (постоянная или константа распада) λ - это доля атомов, распадающихся в 1 секунду

λ= 0,693/T1/2 (с-1).

Так как за время, равное одному периоду полураспада, число радиоактивных атомов уменьшается в два раза, то при t = T1/2 имеем:

Nt = N0 /2; e-λt = 1/2; e-λt = 2 (где t = T1/2) и в итоге In2 = λ ⋅ T1/2.[13]

1.3.3 Характеристика стронция, калия и цезия

Характеристика изотопов. Природный стронций состоит из смеси стабильных изотопов: 84Sr (0,56 %), 86Sr (9,86 %), 87Sr (7,02 %), 88Sr (82,56%). Известны радиоактивные изотопы с массовыми числами 77—83, 85, 89—99. Наибольший токсикологический интерес представляют 85Sr, 89Sr и 90Sr.

Содержание в природе. 90Sr как аналог кальция активно участвует в обмене веществ у растений. Из стратосферы стронций выпадает на почву, в которой радионуклид находится в верхних слоях. В растения 90Sr может поступать непосредственно при прямом загрязнении листьев или из почвы через корни. Относительно большое количество радионуклида накапливают бобовые растения, корне- и клубнеплоды и злаки.

Получение. При делении 235U образуются 88Sr, 89Sr и 90Sr с выходами 3,57; 4,79; 5,77 % соответственно, а также короткоживущие изотопы с массовыми числами от 91 до 97. Благодаря медленному распаду относительное содержание 90Sr в смеси продуктов деления урана постепенно увеличивается: через 3 мес. на долю 90Sr приходится около 13 % суммарной активности, через 15— 20 лет — 25 %.

Поступление, распределение и выведение из организма. Радиоактивный стронций поступает в организм через ЖКТ, легкие и кожу. Уровни всасывания стронция из ЖКТ колеблются от 5 до 100 %. Растворимые соединения стронций хорошо всасываются из ЖКТ, величина резорбции составляет 0,1—0,6; этот показатель у плохо растворимых соединений <0,01. Величина всасывания стронция у человека равна 0,3. 90Sr быстро всасывается из легких. Через 5 мин после интратрахеального введения в количестве 1,48-104 Бк/г в легких остается 33,3% введенного количества, через сутки — 0,39%. При поступлении изотопов стронция через кожу в количестве 24,05 х 104 Бк/см3 фиксация происходит сразу же после загрязнения кожной поверхности.

Витамин Д увеличивает всасывание стронция (с 55 до 70 %) у молодых крыс, больных рахитом; повторное введение экстракта паращитовидных желез также усиливает всасывание 90Sr из ЖКТ. Коэффициент резорбции стронция из ЖКТ повышен у беременных.

Независимо от пути и ритма поступления в организм растворимые соединения радиоактивного стронция избирательно накапливаются в скелете. В мягких тканях задерживается менее 1 %. Однако в ранние сроки определяются значительные количества 90Sr в мягких тканях. Так, у собак через 6 ч после в/б введения стронция содержание (на весь орган) составляет % : в крови 23,6; в печени 4,7; в мышцах 4,2; в легких 3,4; в скелете 35,8 введенного количества; у крыс — в мышцах 3,5; в печени 0,17; в почках 0,11; в скелете 52,5. Через 16 сут в мягких тканях обнаруживаются лишь следы радионуклида.

Через сутки после перорального введения концентрация 90Sr (на 1 г сырой массы) в костях крысы в 40—60 раз выше, чем в почках, селезенке и мышцах. В более поздние сроки различия в уровнях концентрации становятся еще значительнее. Так, через 4 сут после введения радионуклида концентрация его в скелете в 120 — 330 раз выше, чем в семенниках, почках, селезенке и мышцах; через 16 сут — в скелете 0,116, в мышцах 0,004 %, через 256 сут в скелете — 0,07 % введенного количества. После ингаляции в легких задерживается примерно 10 % стронция. Радиоактивный стронций полностью всасывается из легких в течение первых суток. Выводится из легких 97,8 % радионуклида с Тб, равным 12,8 мин; 2,1 % — 10 ч, 0,1 % — 10 сут. Через сутки после ингаляции в легких содержится всего 0,045% 90Sr, в скелете — 31,6 %. Высокий процент в скелете — результат не столько всасывания радионуклида из легких, сколько следствие резорбции из ЖКТ (до 32,1 %).

На поведение стронция в организме оказывает влияние вид, пол, возраст животного, а также беременность, лактация и другие факторы. Наибольшее содержание стронция в скелете определено у собак, кошек и ужей через 4 сут (75, 60 и 70 % соответственно), у крыс через 2 сут (82 %), у лягушек через 8 сут (70 %), у морских свинок через 6 ч (47 %) с момента поступления изотопа в организм. В скелете самцов отложение этого радионуклида выше, чем в скелете самок. Эти различия отсутствовали у старых животных. Введение фолликулина и питуитрина до и после инкорпорации стронция уменьшало отложение в скелете. Кастрация самок способствовала увеличению содержания нуклида в скелете, которое становилось таким же, как у самцов. У взрослого населения, получавшего питьевую воду с повышенным содержанием кальция, накопление 90Sr оказалось достоверно ниже, чем у лиц из контрольной группы (в среднем на 17 %). В костной ткани мужчин 90Sr и кальций накапливается больше, чем у женщин.

С увеличением возраста независимо от способа введений и вида животных, понижается величина отложения 90Sr в скелете. Величина депонирования 90Sr в скелете собак в зависимости от возраста при пероральном поступлении колеблется от 19,7 до 71,5 %. Отмечено, что в мягких тканях у старых животных 90Sr откладывается в несколько большем количестве, чем у молодых. При увеличении возраста крыс от 1,5 до 7 мес. величина отложения стронция в скелете уменьшается с 40,8 до 14,7 %. При содержании кальция в диете в количестве 1,4 % величина отложения стронция у крыс в возрасте 3 мес. уменьшается с 17,3 до 3,7 %. В условиях хронического поступления, количество радиоактивного стронция, ранее фиксированное в скелете самок, не влияет заметным образом на величину накопления в эмбрионе.

При введении изотопа в/м или перорально в разные сроки беременности большее количество его (до 50—70 %) откладывалось в плодах в последние дни беременности. Если беременность наступала через 10 дней после введения стронция, то в организме крысят содержалось только 0,2 % введенного количества. При введении стронция в разные сроки лактации большие его количества передавались детенышам с молоком на 7 сут (до 45 %). Отмечено значительное (в 1,5—2,5 раза) снижение содержания радиоактивного стронция в скелете лактирующих крыс. Однако способность лактации уменьшать содержание стронция в скелете матери возможна только тогда, когда изотоп попадает в организм в период кормления или незадолго до его начала. Стронций, который отложился в костях в отдаленные сроки до начала лактации, выводится с молоком крайне слабо.

Распределение изотопов стронция в различных частях одной и той же кости и в разных костях скелета неравномерное. Так, в эпифизе и метафизе у крыс начальная концентрация стронция в 2,5 раза выше, чем в диафизе. У собак максимальная концентрация обнаружена в метафизе бедра, в эпифизе и ребрах, минимальная — в костях черепа и зубах. Это свидетельствует о том, что стронций откладывается в участках костей, обладающих наибольшей зоной роста. Показано сравнительно равномерное распределение стронция в минеральной части кости. Стронций концентрируется под эпифизарным хрящом, эндостом в метафизарной области и периостом в середине стволовой части кости, т. е. в участках, где происходит усиленное образование кости. При повторном или длительном поступлении радионуклида в организм распределение такое же, как при однократном поступлении. Так, у крыс через 140—365 сут после ежедневного перорального введения 90Sr (1,48-104 Бк) содержание в скелете составляет 32—36 % введенного количества. Содержание в ткани печени 1,49—1,6, в мышцах 0,05—0,11, в почках 0,01—0,07%. Концентрация стронция в костях остается выше, чем в других органах и после прекращения поступления радионуклида.

Учитывая функцию удержания и выведения через почки стабильного и радиоактивного стронция (с массовыми числами 85, 89, 90), дозу, создаваемую поступившим 89Sr и 90Sr на поверхностном слое кости и красного костного мозга, и дозу, создаваемую поступившим 90Sr на все тело, Абрамов и Голутвина рассчитали дозу на поверхности кости при однократном и хроническом введении радионуклидов в количестве 37 кБк/сут.

Комбинированное действие. Комбинированное действие 89Sr и 131I в количествах 130 и 37 Бк/г соответственно оказывает существенное влияние на функцию воспроизводства потомства, кроветворную систему, продолжительность жизни. Меньшие количества (в 100 раз) выявляют цитогенетическую патологию соматических клеток без клинических симптомов.

При комбинированном действии 90Sr и 144Се, 90Sr и 239Рu при равных или меньших поглощенных дозах эффект повреждения не только суммируется, но выявляется раньше, чем при изолированных воздействиях. Отмечается увеличение выхода остеосарком, сокращение латентного периода их развития, повышение частоты лейкозов, более выраженные изменения периферической крови, сокращение продолжительности жизни крыс. Количество остеосарком увеличивается при действии 90Sr и 144Рm. В случае комбинированного действия 137Cs, создающего поглощенную дозу на все тело, равную 3,3 Гр, и 90Sr (доза на скелет 100 Гр) при однократном поступлении ведущую роль в развитии опухолей играет 90Sr.

Гигиенические нормативы. Для 90Sr группа радиационной опасности Б, МЗА = 3,7\*104 Бк; для 85mSr, 85Sr, 89Sr, 91Sr, 92Sr группа радиационной опасности В, МЗА = 3,7\*105 Бк; для 87mSr группа радиационной опасности Г, МЗА = 3,7\*106 Бк.

Таблица 2 – Дозы излучения изотопами стронция для категории А

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Радионуклид | Состояние радионуклида в соединении | Критический орган | ДСА, Бк | ПДП, Бк/год | ДКА, Бк/л |
| 85mSr | P | ЖКТ (ТК) | - | 3,7\*109 | - |
|  | HP | ЖКТ (ТК) | - | 3,2\*109 | 1,3\*103 |
| 85Sr | P | Все тело | 2,1\*106 | 2,1\*107 | - |
|  | HP | Легкие | 1,9\*105 | 9,6\*106 | 3,7 |
| 87mSr | P | ЖКТ (ТК) | - | 1,1\*109 | - |
|  | HP | ЖКТ (ТК) | - | 8,5\*108 | 3,7\*102 |
| 89Sr | P | Кость | 1,4\*105 | 2,5\*106 | 1,0 |
|  | HP | Легкие | 5,5\*104 | 3,2\*106 | - |
| 90Sr | P | Кость | 7,4\*104 | 1,1\*105 | 4,4\*10-2 |
|  | HP | Легкие | 2,8\*104 | 5,2\*105 | - |
| 91Sr | P | ЖКТ (НТК) | - | 4,1\*107 | - |
|  | HP | ЖКТ (НТК) | - | 2,3\*107 | 9,3 |
| 92Sr | P | ЖКТ (ВТК) | - | 4,1\*107 | - |

Методы определения. Радиоактивный стронций определяют по дочернему 90Y, который осаждается в виде оксалатов (при загрязнении радионуклидом не менее 1 года); в продуктах питания выделение 90Y производят экстракцией моноизооктиловым эфиром метилфосфоновой кислоты, активность измеряют на низкофоновой установке; в золе костной ткани 90Y выделяют экстракцией трибутилфосфатом.

Меры профилактики. При работе с радиоактивным 90Sr необходимо соблюдать санитарные правила и нормы радиационной безопасности с применением специальных мер защиты в соответствии с классом работ.

Биологическое действие радиоактивного стронция. Как сказано выше, β-частицы, проходя через вещество, производят его ионизацию, которая, в свою очередь, приводит к различным химическим превращениям. В результате воздействия β-излучения в веществе происходят химические изменения — радиолиз и накопление новых веществ — продуктов радиолиза. При облучении живой ткани в клетках также накапливаются продукты радиолиза, которые вредно сказываются на жизнедеятельности клеток, могут затормозить их развитие, вызвать перерождение и даже гибель. У человека и животных облучение вызывает появление так называемой лучевой болезни. По принятым нормам предельно допустимой дозой общего облучения для человека считается 0,1 p в неделю (при обычной рентгеноскопии человек получает дозу 3-5 р). При дозе в 600 р в 50% случаев облучения наступает смерть от острой лучевой болезни. При длительном облучении даже значительно меньшими дозами могут наступить серьезные заболевания — лейкемия, раковые опухоли и пр.

До сих пор речь шла об общем внешнем облучении всего организма, например, γ- или рентгеновыми лучами, которые проникают через всю толщу тканей. Иначе обстоит дело при облучении β-частицами. Их пробег в ткани составляет всего несколько миллиметров. Поэтому на своем пути они создают мощную ионизацию, сосредоточенную в небольшом объеме. При сильном внешнем облучении β-частицами образуются долго незаживающие ожоги, а при систематическом облучении может развиться рак кожи. Внешнего облучения можно избежать, работая в специальной защитной одежде и перчатках, а загрязнение тела β‑радиоактивными веществами можно ликвидировать смыванием водой с мылом или специальными моющими средствами. Значительно опаснее попадание радиоактивных веществ внутрь организма с вдыхаемым воздухом, водой, пищевыми продуктами и др. В этом случае облучение внутренних органов происходит до тех пор, пока попавшее радиоактивное вещество не выйдет из организма за счет обмена веществ с окружающей средой или не исчезнет за счет радиоактивного распада. Чем прочнее удерживается данное радиоактивное вещество в организме и чем больше его период полураспада, тем оно более опасно.

90Sr относится к числу наиболее опасных радиоактивных изотопов. Наряду с большим периодом полураспада (19,9 лет) он прочно удерживается в организме, в основном в костях, так как по химическим свойствам близок к кальцию, и крайне медленно выводится из организма.

Накопление радиоактивного стронция в костях человека приводит к их облучению. В результате этого могут развиться рак крови - лейкемия и рак костей. Не существует предельно допустимой концентрации радиоактивного стронция в костях. Чем выше эта концентрация, тем больше вероятность заболевания. Содержание радиоактивного стронция измеряется в стронциевых единицах. Одна стронциевая единица равна содержанию 90Sr в 1 мкмккюри на 1 г кальция. Если к концу второй мировой войны содержание радиоактивного стронция в костях человека было значительно меньше одной стронциевой единицы, то в связи с испытаниями атомных бомб и выпадением вследствие этого радиоактивных осадков оно будет повышаться до 20—30 стронциевых единиц, если испытания будут продолжаться в тех же масштабах. Это весьма серьезная угроза здоровью людей и одна из важнейших причин движения за запрещение испытаний атомного оружия.

Из-за очень высокой токсичности 90Sr предельно допустимые концентрации его в воздухе и питьевой воде очень низки. Так, предельно допустимая концентрация 90Sr в воздухе составляет 1\*10-16 кюри на 1 л и в воде – 2\*10-11 кюри на 1 л, в то время как для такого распространенного изотопа, как церий-144, предельно допустимая концентрация в тысячу раз больше.

Значительную опасность представляет попадание радиоактивного стронция в организм человека с пищевыми продуктами. Выпадающий с радиоактивными осадками стронций включается в биологический цикл круговорота веществ. Он избирательно накапливается в растениях, причем его концентрации может быть в 100 раз больше, чем в водных растворах, и до 10 раз больше, чем в почве. Из растений радиоактивный стронций попадает в организм либо непосредственно с растениями, употребляемыми в пищу, либо с молоком или молочными продуктами травоядных животных. Особенно большой вред приносит радиоактивный стронций детям, так как основным продуктом питания у них является молоко и молочные продукты, а растущий организм усваивает значительное количество кальция для роста костных тканей.

Проведенные исследования показали, что доза облучения костей составляет 0,05 р в год на 20 стронциевых единиц, а облучение дозой в 1 р сокращает среднюю продолжительность жизни на 5—10 дней. Это не означает, что каждый человек, получивший дозу в 1 р, умрет на 5—10 дней раньше нормального срока. Это означает, что некоторые из них умрут на 10, 20 или 30 лет раньше вследствие заболевании лейкемией или костным раком. Учитывая, что в течение всей жизни человек получит дозу в 2,5 р, если испытания атомных бомб будут продолжаться, то среднее уменьшение продолжительности жизни всех людей на земле составят от 15 - 25 дней.

Необходимо применять специальные меры предосторожности при работе с радиоактивным стронцием, чтобы избежать заражения окружающего пространства и обеспечить надежные методы удаления радиоактивных отходов, содержащих стронций.

Калий-40 (период полураспада 1,3 млн. лет) — долгоживущий радионуклид. В природе встречается 3 изотопа калия: 39К, 40К и 41К, из которых радиоактивен только 40К. 40К испытывает превращения двоякого рода: в 88% он распадается с излучением бета-частиц (максимальная энергия 1,4 МэВ) и превращается при этом в стабильный изотоп 40Са; в 12% происходит K-захват электрона с ближайшей орбиты, сопровождающийся слабым гамма-излучением с энергией 1,46 МэВ и образованием стабильного изотопа 40Ar.

Особенно велика роль 40К при внутреннем облучении организма, поскольку калий, являясь незаменимым элементом, участвующим в обмене веществ, активно поглощается организмом из окружающей среды. Из почвы 40К поступает через корневую систему в растения и с растительной пищей в организм животных и человека. Особенно интенсивно усваивается калий фасолью (~220 Бк/кг), картофелем (~220 Бк/кг), орехами (~220 Бк/кг), клюквой (~300 Бк/кг). В различных полевых растениях его концентрация неодинакова: максимальные значения свойственны высшим цветковым растениям, несколько ниже они у голосеменных и минимальны — у мхов и лишайников. В высших растениях содержание 40К может достигать 50-60% всех бета-излучающих радионуклидов. Его средняя концентрация в различных органах и тканях человека 20-120 Бк/кг. Как правило, он является основным естественным бета-излучателем, содержащимся в теле любого представителя флоры и фауны.

Цезий-137 (период полураспада 33 года) - бета-гамма-излучающий радиоизотоп Цезий; один из главных компонентов радиоактивного загрязнения биосферы. Содержится в радиоактивных выпадениях, радиоактивных отходах, сбросах заводов, перерабатывающих отходы атомных электростанций. Интенсивно сорбируется почвой и донными отложениями; в воде находится преимуществено в виде ионов. Содержится в растениях и организме животных и человека. Коэффициент накопления 137Cs наиболее высок у пресноводных водорослей и арктических наземных растений, особенно лишайников. В организме животных 137Cs накапливается главным образом в мышцах и печени. Наибольший коэффициент накопления его отмечен у северных оленей и северных американских водоплавающих птиц. В организме человека 137Cs распределен относительно равномерно и не оказывает значительного вредного действия.

Из радиоактивных изотопов цезия наиболее интересен 137Cs с [периодом полураспада](http://nature.web.ru/db/search.html?not_mid=1179550&words=%EF%E5%F0%E8%EE%E4%EE%EC%20%EF%EE%EB%F3%F0%E0%F1%EF%E0%E4%E0) 30 лет. 137Cs - -[излучающий](http://nature.web.ru/db/search.html?not_mid=1179550&words=%E1%E5%F2%E0-%E8%E7%EB%F3%F7%E5%ED%E8%E5) нуклид со средней [энергией](http://nature.web.ru/db/search.html?not_mid=1179550&words=%FD%ED%E5%F0%E3%E8%E5%E9) -[частиц](http://nature.web.ru/db/search.html?not_mid=1179550&words=%E1%E5%F2%E0-%F7%E0%F1%F2%E8%F6%E0) 170.8 кэВ. Его дочерний нуклид 137mBa имеет период полураспада 2.55 мин и испускает -[кванты](http://nature.web.ru/db/search.html?not_mid=1179550&words=%E3%E0%EC%EC%E0-%E8%E7%EB%F3%F7%E5%ED%E8%E5) с энергией 661 кэВ. 137Cs широко применяется в медицине (для диагностики и лечения), радиационной стерилизации, дефектоскопии и во многих других технологиях. Другие радиоизотопы цезия имеют меньшее значение. 133Cs относится к рассеянным элементам. В незначительных количествах он содержится практически во всех объектах внешней среды. Кларковое (среднее) содержание [нуклида](http://nature.web.ru/db/search.html?not_mid=1179550&words=%ED%F3%EA%EB%E8%E4%E0) в земной коре - %, в почве - %. [Цезий](http://nature.web.ru/db/search.html?not_mid=1179550&words=%D6%E5%E7%E8%E9) - постоянный микроэлемент растительных и животных организмов: в живой фитомассе содержится в количестве %, в организме человека - примерно 15·106-4 %. Этот нуклид поступает в основном с пищей в количестве 10 мкг/сут. Выводится из организма преимущественно с мочой (в среднем 9 мкг/сут). Биологическая роль цезия до сих пор окончательно не раскрыта.



2. Экспериментальная часть

2.1 Радиохимический метод анализа

2.1.1 Отбор проб почвы

При проведении площадного обследования пробы почвы отбирают методом "укола", глубина составляет 10 см (Рисунок 5). Перед отбором проб проводится подготовка выбранного участка: удаляется растительность, крупные камни. Затем проводится дозиметрический контроль, т.е. измеряется мощность альфа-излучения на высоте 3 см и на 1 метре, а также проводится измерение плотности потока альфа- и бета-частиц. Если в месте предполагаемого отбора пробы значения МЭД, измеренные на высоте 1 м больше, чем на высоте 3 см, то проба не отбирается, т.к. это означает, что рядом с исследуемым местом есть участок, более загрязненный, и необходимо провести более детальное обследование. Объединенную пробу составляют путем смешивания точечных проб отобранных на одной пробной площадке [14]. Площадь отбора точечной пробы – 100 см2, глубина составляет 10 см. Отобранная проба упаковывается в полиэтиленовый пакет и снабжается паспортом (пояснительной запиской), в котором указываются: присвоенный номер, место отбора, дата и время отбора, географические координаты, результаты полевой радиометрии. Для отбора точечной пробы почвы использовался пробоотборный инструмент: ковш и шпатель (Рисунок 6).

При обследовании территории применяется также метод "треугольника

В соответствии с этим методом пробы глубиной 10 см и площадью отбора – 100см2 (10\*10\*10см) отбираются в вершинах треугольника со стороной 1 метр. С заданной глубины и площади грунт вместе с дерниной извлекается при помощи саперской лопаты и упаковывается в полиэтиленовый пакет.

2.1.2 Подготовка проб почвы к радиохимическому анализу

Усредненную навеску воздушно-сухой пробы от 5 до 50 г (в зависимости от предполагаемого содержания стронция) помещают в фарфоровую чашку и прокаливают в муфельной печи при температуре 600-650°С в течение 4-6 часов. [15]

2.1.3 Радиохимический анализ проб почвы на 90Sr

Ход анализа

1 Навеску прокаленной почвы 50-100 г помещают в термостойкий стакан емкостью 500 см3 , вносят носитель стронция - 200 мг в расчете на металл. Почву заливают 200 см3 6М НСl, кипятят в течение часа при периодическом помешивании стеклянной палочкой. Кипячение проводят на песчаной бане или на асбесте.

2 Отстоявшийся раствор декантируют в коническую колбу емкостью 500 см3.

3 К оставшейся части почвы вновь приливают 100 см3 6М НС1 и кипятят 30 минут.

4 Раствору дают отстояться, декантируют в коническую колбу с первым декантатом, нерастворившийся остаток почвы промывают 2-3 раза горячей дистиллированной водой, подкисленной 2-3 каплями 6М НС1. Промывные воды объединяют с декантатом, а остаток почвы отбрасывают. Объем декантатов составляет 250-300 см3.

5 К полученному раствору прибавляют концентрированный аммиак до рН‑8, при этом осаждаются гидроокиси железа, алюминия, иттрия, марганца и соосаждаются свинец, уран и другие радионуклиды. рН среды контролируют с помощью универсальной индикаторной бумаги.

6 Гидрооксиды из горячего раствора фильтруют через бумажный фильтр (белая лента). Осадок на фильтре и коническую колбу промывают по 2-3 раза горячей дистиллированной водой без СО2 с добавлением 2-3 капель аммиака. Фильтр с осадком отбрасывают.

7 К полученному фильтрату прибавляют 15-20 г соли углекислого аммония и нагревают до тех пор, пока раствор над осадком карбонатов не станет прозрачным, затем прибавляют 3 - 5 см насыщенного раствора углекислого аммония для проверки полноты осаждения. Если не наблюдается помутнения раствора, то осаждение карбонатов проведено полностью.

8 Осветленную часть раствора декантируют, а оставшийся раствор с осадком карбонатов фильтруют через бумажный фильтр с белой лентой. Колбу и фильтр промывают 2-3 раза дистиллированной водой.

9 Осадок карбонатов на фильтре растворяют минимальным объемом 6М НС1. Оставшийся осадок на стенках колбы также растворяют 6М НС1 и объединяют с основным раствором. Колбу и фильтр промывают по 2-3 раза горячей подкисленной водой. Общий объем раствора должен быть 50-60 см3. При анализе проб, загрязненных "свежими" продуктами деления (см. Примечание 1).

10 В этот раствор вносят 1 см3 FeCl3 (10 мг в пересчете на Fe) и кипятят 10-15 мин для удаления СО2, добавляют небольшими порциями аммиак без СО2 до образования гидроокисей железа и иттрия, контролируя реакцию раствора с помощью индикаторной бумаги (рН-8).

11 Осадок гидроокисидов фильтруют через бумажный фильтр с белой лентой, промывают 2-3 раза аммиачной горячей водой без СО2. Время осаждения гидрооксидов фиксируют. Осадок отбрасывают. Эту очистку на гидрооксид железа проводят непосредственно перед приготовлением счетного образца.

12 К фильтрату добавляют равное объему пробы количество насыщенного раствора углекислого аммония, или соли (NH4)2СО3 10-18 г в течение 0,5-1 часа. Пробу охлаждают, основную часть раствора декантируют, осадок карбонатов отделяют центрифугированием, промывают 2-3 раза по 7-10 мл дистиллированной водой и 5-7 мл этилового спирта.

13 К осадку добавляют 0,5 мл этилового спирта и переносят на предварительно взвешенную подложку (d=2 см), сушат под зеркальной лампой до постоянного веса.

14 Осадок с подложкой взвешивают, отбирают 10% от полученной массы для определения химического выхода стронция, а оставшуюся часть осадка на подложке заклеивают калькой и измеряют на сцинтилляционном спектрометре.

15 Осадок карбоната, отобранный для определения химического выхода стронция, растворяют в минимальном объеме 6М соляной кислоты, переносят количественно в мерную колбу на 100 мл, разбавляют дистиллированной водой до метки и перемешивают. Затем отбирают 5 см3 в 50 см3 и доводят дистиллированной водой до метки. В разбавленном растворе определяют содержание стронция атомно-абсорбционным методом на приборе ААS-IN. Стронций определяют по атомно-резонансной полосе поглощения с длиной волны 460 нм и рассчитывают его выход. Химический выход стронция можно определить на пламенном фотометре с помощью литиевого светофильтра, пропускающего свет с длиной волны 670,8 нм (ПАЖ-1 или ПАЖ-2). Приборы для определения концентрации стронция предварительно градуируют по серии эталонных растворов, а затем проводят фотометрирование исследуемых растворов.

Расчет содержания стронция-90 проводят по формуле

,(5)

где Аст\*- величина активности строция-90;

Р- общий вес пробы, г;

РН- вес навески для анализа, г;

а- выход носителя стронция в долях единицы;

S- площадь отобранной пробы, м2;

106- величина пересчета м2 в км2.

2.2 Радиометрический метод анализа (прямой анализ)

2.2.1 Общие сведения о бета-спектрометрическом комплексе "ПРОГРЕСС"

Прогресс-2000 – это комплекс программных средств, предназначенных для решения широкого спектра задач радиационного контроля от измерений в области сертификации соответствия пищевой продукции, питьевой воды, строительных материалов, продукции лесного хозяйства и других до мониторинга и задач радиационного контроля на предприятиях ядерного цикла. Также для решения целого ряда исследовательских задач, связанных с измерениями радиоактивности.

Прогресс-2000 - это программа-конструктор, позволяющая реализовать как алгоритмы, которые уже на протяжении нескольких лет успешно используются в составе предыдущих версий программы, так и вновь разрабатываемые с учётом специфики задач пользователя. Программные объекты Прогресса-2000 интегрированы в операционную систему Windows, что позволяет легко использовать их в других программах, объединять со стандартными текстовыми процессорами и системами управления баз данных. Впервые реализована возможность сетевой работы - различные части программы могут работать на различных компьютерах.

Программа разработана Российским ЗАО НПП "Доза". Спектроскопический комплекс "Прогресс" внесен в Государственный реестр средств измерений Р.Ф. 22.06.01, сертификат RU.C.38.002.A №10317. В программе учтены опыт и пожелания сотен пользователей, сотрудников лабораторий радиационного контроля различных ведомств России, Белоруссии, Казахстана, Молдавии, Армении, Узбекистана Азербайджана и Украины.

Спектрометр может использоваться как в лабораторных так и в полевых условиях как установка специального назначения и является средством для измерения активности в пробах пищевых продуктов, стройматериалов и других объектов окружающей среды и биологических пробах по их внешнему бета- и гама-излучению.

Метод измерений. Методика измерений основана на регистрации спектров бета-излучения, испускаемого веществом исследуемого объекта, с последующей их обработкой на ПК или микропроцессорном блоке.

Для проведения измерений активности радионуклидов в исследуемых объектах по данной методике используется сцинтилляционный бета-спектрометр на базе персонального компьютера (ПК) с программным обеспечением ПРОГРЕСС.

Управление работой бета-спектрометра, обработка аппаратурных бета-спектров, расчет значений активности и погрешности производится с использованием программного пакета ПРОГРЕСС на ПК, либо микропроцессором по специальным алгоритмам, записанным в постоянном запоминающем устройстве (ПЗУ).

а) проба 1113

б) проба 3549

Рисунок 7 –Фрагмент программы «ПРОГРЕСС». Измерение 90Sr

2.3 Оценка вклада 40К и 137Cs в фоновую активность 90Sr путем сравнения методик

Прежде чем проводить измерения, необходимо было узнать, какие радионуклиды могут излучать бета-частицы. Из литературных данных нашли наиболее подходящие, которые отображены в таблице 3.

Таблица 3 – Виды радионуклидов (40К и 137Cs гамма-излучатели, 90Sr бета-излучатель)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент | Энергия излучения | Квантовый выход, % | Элемент | Энергия излучения | Квантовый выход, % |
| K | 1311,6 | 89,2 | Sr | 546 | 100 |
| 561 | 196 |
|  |  | 2284 | 100 |
|  |  | 939 |
| Cs | 513,97 | 94,4 | Sr | 546 | 100 |
| 174 | 196 |
| 1175,63 | 5,6 | 2284 | 100 |
| 415 | 939 |

Были отобраны пробы с разных площадок, в которых активность 90Sr не превышала 2000Бк/кг. По исследуемым пробам был проведен спектрометрический и по 1 пробе радиохимический анализ.

Таблица 4 – Удельная активность радионуклидов 137Cs, 40К и 90Sr в исследуемых пробах почвы

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер пробы | Место отбора пробы | Удельная активность гамма-излучающих радионуклидов (Бк/кг) | | Удельная активность 90Sr (Бк/кг) | |
| 40К | 137Cs | Определение радиохимическим методом | Определение бета-спектрометрическим методом |
| 1113 | штольня 11 | 718 | 28 | 590 | 967 |
| 3267 | Атомное озеро | 663 | 101 | 49 | 200 |
| 3323 | Опытное поле | 541 | 100 | 24 | 235 |
| 3327 | Опытное поле | 477 | 74 | 11,5 | 131 |
| 3345 | штольня 104 | 842 | 636 | 191 | 403 |
| 3357 | след ЮВ | 601 | 1 | 290 | 382 |
| 3549 | площадка 8 | 648 | 1 | 128 | 199 |
| 3550 | площадка 8 | 747 | 0,6 | 60 | 149 |
| 4361 | скважина 1301 | 830 | 9 | 40 | 153 |
| 4589 | Атомное озеро | 1149 | 14 | 73 | 280 |
| 4590 | Атомное озеро | 1127 | 716 | 200 | 504 |
| 4593 | Атомное озеро | 1047 | 102 | 210 | 345 |

По табличным данным были построены графики, отражающие влияние активности радионуклидов 137Cs и 40К на активность 90Sr.

3 Безопасность и охрана труда

Охрана труда представляет собой систему законодательных актов и соответствующих им социально – экономических, технических, гигиенических и организационных мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

В данной дипломной работе, с точки зрения безопасности, имеем дело не только с такими опасными факторами, как электрический ток, источники ионизирующего излучения, а также легковоспламеняющиеся жидкости, едкие и горячие жидкости, работа со стеклянной посудой.

3.1 Электробезопасность

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

Одним из опасных факторов является электрический ток. Электрический ток – это направление заряженных частиц. При похождении электрического тока через тело человека весь организм его может подвергнуться механическому, тепловому, световому, химическому и биологическому воздействию. При биологическом воздействии нарушается деятельность нервной системы, в результате чего может наступить паралич дыхания или фибрилляция сердца.

Длительность протекания тока через тело человека влияет на исход поражения, так как со временем резко возрастает величина тока за счет уменьшения сопротивления тела. Род и частота тока в значительной степени определяют опасность поражения. Постоянный ток безопасней переменного. Наиболее опасным является переменный ток с частотой 50 Гц.

3.2 Защита работников от действия электрического тока

Все электроустановки должны быть надежно заземлены, надежность затяжек болтовых соединений заземления проверяется перед началом работы.

Изолирующие защитные средства обеспечивают электрическую изоляцию человека от токоведущих или заземленных частей, а также от земли. К изолирующим защитным средствам относятся: резиновые диэлектрические перчатки, калоши, боты и коврики.

При поражении персонала электрическим током, первую помощь должен уметь оказывать каждый человек, работающий в лаборатории, так как не всегда медицинские работники могут срочно прибыть на место происшествия.

Первая помощь при несчастных случаях от электрического тока и оказание первой помощи. [16]

Для уменьшения вероятности поражения электрическим током персоналу, необходимо соблюдать требования «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

3.3 Общие нормы радиационной безопасности

Лица, работающие с источниками ионизирующего излучения (ИИИ), должны знать и выполнять требования «Норм радиационной безопасности» (НРБ-99). [17]

Санитарные правила и нормы «Санитарно-гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности», Алматы, 2003 г.

«Нормы радиационной безопасности» (НРБ-99) применяются для обеспечения безопасности человека во всех условиях воздействия на него ионизирующего излучения искусственного или природного происхождения.

«Нормы радиационной безопасности» (НРБ-99) относятся только к ионизирующему излучению. В Нормах учтено, что ионизирующее излучение является одним из множества источников риска для здоровья человека, и что риски, связанные с воздействием излучения, не должны соотноситься только с выгодами от его использования, но их следует сопоставлять и с рисками радиационного происхождения.

Ионизирующая радиация при воздействии на организм человека может вызвать два вида эффекта, которые клинической медициной относятся к болезням: детерминированные пороговые эффекты (лучевая болезнь, лучевой ожог, лучевая катаракта, лучевое бесплодие, аномалии в развитии плода и др.) и стохатические (вероятностные) беспороговые эффекты (злокачественные опухоли, лейкозы, наследственные болезни).

Устанавливаются следующие категории облучаемых лиц: персонал (группы. А и В) и население, включая лиц из персонала, вне сферы и условий их производственной деятельности.

Для категории облучаемых лиц персонала и населения устанавливаются три класса нормативов:

– основные пределы доз (ПД), приведенные в таблице 1;

– допустимые уровни монофакторного воздействия (для одного радионуклида, пути поступления или одного вида внешнего облучения), являющиеся производными от основных пределов доз: пределы годового поступления (ПГП), допустимые среднегодовые объемные активности (ДОА) и уровни вмешательства (УВ) и другие;

– контрольные уровни (дозы, уровни, активности, плотности потоков и др.). Их значения должны учитывать достигнутый в организации уровень радиационной безопасности и обеспечивать условия, при которых радиационное воздействие будет ниже допустимого.

Таблица 5 – Основные пределы доз

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Нормируемые величины | Пределы доз | |
| лица из персонала (группа А) | лица из населения |
| Эффективная доза | 20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 м Зв в год. | 1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год. |
| Эквивалентная доза за год:  в хрусталике,  коже,  кистях и стопах | 150 мЗв  500 мЗв  500 мЗв | 15 мЗв  50 мЗв  50 мЗв |
| Примечание – основные пределы доз, как и все остальные допустимые уровни облучения персонала группы Б равны 1/4 значений для персонала группы А. Далее в тексте все нормативные значения для категории персонал приводится только для группы А. | | |

К работам связанным с радиационной опасностью допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медосмотр и не имеющих противопоказаний. Для женщин в возрасте до 45 лет, работающих с источниками ионизирующего излучения, вводятся дополнительные ограничения: эквивалентная доза на поверхности нижней части области живота не должна превышать 1 мЗв в месяц, а поступление радионуклидов в организм за год не должно быть более 1/20 предела годового поступления для персонала. В этих условиях эквивалентная доза облучения плода за два месяца невыявленной беременности не превысит 1 мЗв.

Для студентов и учащихся старше 16 лет, проходящих обучение с использованием источников излучения, годовые дозы не должны превышать значений, установленных для персонала группы Б.

Работники, привлекаемый к работам с ИИИ и РВ, должен пройти инструктаж в службе Радиационной безопасности постоянно действующей экзаменационной комиссии, созданной по приказу директора ИРБЭ.

3.4Меры индивидуальной защиты и личной гигиены

Персонал должен быть обеспечен фильтрующими индивидуальными средствами защиты органов дыхания и комплектом спецодежды, в соответствии с НРБ-99. Для защиты органов дыхания рекомендуется применять респираторы типа «Лепесток-200».

При работе II класса и при отдельных работах III класса работающие должны быть обеспечены халатами, шапочками, перчатками, легкой обувью и при необходимости средствами защиты органов дыхания.

Персонал, производящий уборку помещений, а также работающие с радиоактивными растворами и порошками должны быть снабжены (помимо перечисленной выше спецодежды и спецобуви) пластикатовыми фартуками и нарукавниками или пластикатовыми полухалатами, дополнительной спецобувью (резиновой или пластикатовой) или резиновыми сапогами.

Персонал обязан соблюдать установленный в учреждении порядок использования индивидуальных дозиметров .

3.5 Радиационная безопасность в лаборатории радиохимических исследований отдела РЭ

3.5.1 Общие требования

а) на основании санитарного паспорта, выданного обл. СЭС ВКО, лаборатория радиохимических исследований отнесена к третьему классу работ с закрытыми и открытыми источниками излучений, каковыми являются пробы грунта, воды, растений и животных (данный класс работ установлен администрацией ИРБЭ и профкомом и согласован С обл. ЭС).

б) В лабораториях проводятся радиохимический и гамма–спектрометрический анализ проб, поступивших с СИП. Применяются образцовые спектрометрические гамма – источники. Все радиоактивные пробы и калибровочные препараты хранятся в специальных сейфах, разделенных на ячейки.

в) В процессе работ по отбору проб и в лаборатории персонал, может быть, подвергнут комбинированному облучению, в том числе: внешнему облучению (α, β, γ от 137Cs, 90Sr, 239Pu); внутреннему облучению при ингаляционном поступлении в организм одного или смеси указанных радионуклидов;

г) К работе с радиоактивными веществами допускаются лица не моложе 18 лет, имеющие среднее или высшее образование, прошедшие вводный, первичный инструктажи и проверку знаний по радиационной безопасности;

д) Повторный (очередной) инструктаж по радиационной безопасности сотрудники лаборатории проходят не реже 1 раза в 3 месяца с росписью в журнале инструктажа;

е) При выполнении работ с радиоактивными веществами особое внимание должно быть обращено на предотвращение случаев переоблучения работающего, а также на предотвращение возможности попадания радиоактивных веществ внутрь организма и на открытые участки тела;

ж) Все лица, направленные на работу с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений должны: получить медицинское заключение о пригодности (отсутствии противопоказаний) к работе с РВ; получить заключение аттестационной комиссии об аттестации по РБ данного лица;

и) При изменении характера работ или переходе на другую работу проводится внеочередной инструктаж, и проверка знаний правил безопасности;

к) Сотрудники лаборатории обязаны строго соблюдать правила по охране труда (технике безопасности, радиационной безопасности, электробезопасности, пожарной безопасности и производственной санитарии), действующие в инструкциях и положениях ИРБЭ;

л) О всех нарушениях режима работы или условий, обеспечивающих РБ, сотрудники обязаны немедленно докладывать ответственному лицу – начальнику лаборатории:

м) При проведении работ в лаборатории и на СИП запрещается выполнение, каких - либо операций, не предусмотренных должностными инструкциями, инструкциями по технике безопасности, РБ и другими нормативными документами, если эти действия направлены на предотвращение аварии оборудования и других обстоятельств, угрожающих здоровью персонала и нормальной работе лаборатории;

н) При выполнении работ с повышенной радиационной опасностью оформляется наряд – допуск с числом работников не менее 2-х человек;

п) При выполнении работ с РВ сотрудники обязаны использовать средства индивидуальной защиты (СИЗ);

р) При работе с РВ сотрудники обеспечиваются индивидуальными дозиметрами типа ДПГ-03;

с) Персонал обязан соблюдать установленный в институте порядок использования индивидуальных дозиметров;

т) Сотруднику лаборатории выдается халат, головной убор (колпак или косынка), тапочки, индивидуальный дозиметр;

у) Сотрудник лаборатории обязан:

выполнять настоящие требования, указания начальника лаборатории, лица ответственного за РБ;

– применять спецодежду по назначению;

– уметь оказывать доврачебную помощь пострадавшим лицам;

– не допускать на рабочее месте посторонних лиц;

– выполнять только ту работу, по которой прошел обучение, инструктаж по технике безопасности и радиационной безопасности, и на которую допущен начальником лаборатории или лицом, заменяющим его;

–обо всех нарушениях радиационной безопасности на рабочем месте докладывать начальнику лаборатории [18].

3.5.2 Техника безопасности при работе с едкими и горячими жидкостями

При работе с едкими и горячими жидкостями сотрудник обязан выполнять следующие правила:

а) при переноске сосудов с горячей жидкостью необходимо держать его обеими руками, отстранив от себя, поддерживая одной рукой дно сосуда, под которое подложено полотенце;

б) едкие жидкости, кислоты, аммиак и др. необходимо разливать с помощью стеклянного сифона с грушей или специального наклоняющегося штатива. Если нет сифона или штатива, разлив жидкости производить обязательно вдвоем. Для этого бутыль поместить в корзину с двумя ручками. Разлив жидкости производить в спецодежде – резиновом (пластикатовом) переднике и перчатках; глаза предохранять при помощи защитных очков или полумаски;

в) при разбавлении серной кислоты необходимо приливать кислоту тонкой струйкой в холодную воду, хорошо размешивая полученный раствор. Нельзя вливать воду в концентрированную серную кислоту;

г) кислоты или щелочи необходимо нейтрализовать только после разбавления;

д) куски щелочи следует брать только пинцетом, щипцами или фарфоровой ложечкой. Руки должны быть защищены резиновыми перчатками;

е) нельзя засасывать едкие жидкости в пипетку ртом. Это делается с помощью груши или специального приспособления;

ж) перед нагреванием фильтраты необходимо перемешать, т.к. из-за различной плотности верхнего (промывной жидкости) и нижнего слоев, вследствие местного перегрева, может произойти внезапное вскипание жидкости, что приведет к разбрызгиванию и выбросу жидкости из сосуда;

и) вскрывать сосуды с бромом, пероксидом водорода, фтористоводородной кислотой и другими едкими жидкостями необходимо очень осторожно, чтобы не повредить тару; при открывании пробки горло сосуда держать в направлении «от себя».

3.5.3 Техника безопасности при работе с легковоспламеняющимися жидкостями

При работе с легковоспламеняющимися жидкостями сотрудник обязан выполнять следующие правила:

а) запрещается производить какие-либо работы с легковоспламеняющимися жидкостями (в дальнейшем ЛВЖ) вне вытяжного шкафа;

б) при использовании легковоспламеняющихся жидкостей в качестве растворителей при перекристаллизации растворение веществ производить в колбе, снабженной обратным холодильником, используя в случае необходимости механическое перемешивание. Применение для этих целей химических стаканов, прикрытых часовым стеклом или чашкой Петри, запрещается. При выборе растворителя для перекристаллизации предпочтение следует отдавать растворителям с более высокой температурой кипения или негорючим;

в) для предотвращения возникновения пожаровзрывоопасных паров ЛВЖ при сушке, проводить этот процесс следует в эксикаторе или вакуум-сушильном шкафу;

г) в лабораторных помещениях не допускается хранение даже небольших количеств ЛВЖ с температурой кипения ниже 50оС. в конце рабочего дня остатки таких растворителей следует вынести в специальное холодное помещение;

д) хранение ЛВЖ с температурой кипения выше 50оС в помещениях лаборатории допускается в толстостенных бутылках, вместимостью не более 1 л, снабженных герметичными пробками. Бутылки с ЛВЖ хранить в специальных металлических ящиках, установленных вдали от источников тепла;

е) запрещается выливать отходы ЛВЖ в канализацию;

ж) в лабораторию жидкости должны доставляться в плотно закрытых бутылках, вместимостью не более 1л, помещенных в специальные контейнеры. Расфасовку ЛВЖ из больших бутылей производить в специально оборудованных помещениях при помощи сифона;

и) под приборы, содержащие более 0,5л ЛВЖ, необходимо помещать кювету (противень), чтобы в случае аварии ограничить площадь растекания жидкости. При необходимости хранения ЛВЖ в тонкостенных емкостях (ампулах) их помещают в металлические контейнеры или фарфоровые стаканы, заполненные на 4-5 см песком или асбестовой крошкой;

к) при проливе значительных количеств ЛВЖ (более 1 л) следует, прежде всего, устранить возможность воспламенения паров – обесточить работающее электрооборудование общим рубильником, погасить газовые горелки и спиртовки. В зоне вероятных пожароопасных концентраций паров нельзя выключать электроприборы с помощью тумблеров или выдергивание вилки из розетки;

л) пары многих органических растворителей весьма токсичны. При проливе за счет большой поверхности испарения быстро создаются высокие концентрации, представляющие опасность для здоровья. Поэтому ликвидацию пролива значительных количеств токсичных жидкостей необходимо осуществлять в противогазах. Лица, не участвующие в ликвидации, должны покинуть помещение;

м) значительные количества пролитых ЛВЖ, если позволяют обстоятельства, убрать с помощью водоструйного насоса, засасывая жидкость в специальную склянку. Остатки ЛВЖ, которые не удалось собрать водоструйным насосом, а также небольшие проливы засыпать песком. После полного впитывания жидкости массу собрать неметаллическим совком в ведро и вынести в безопасное место для сжигания;

н) любые работы с ЛВЖ, при которых в окружающее пространство могут выделяться горючие пары, проводить при выключенных газовых горелках, электрических приборах и потенциальных источниках зажигания. Чтобы избежать случайного применения пламени или электричества в опасном соседстве с ЛВЖ, перед началом работы с пожароопасными веществами следует поставить в известность всех сотрудников, работающих в данном помещении.

3.5.4 Техника безопасности при работе со стеклянными приборами

При работе со стеклянными приборами сотрудник обязан выполнять следующие правила:

а) применение физической силы при работе со стеклянными приборами не допускается. При разъединении заклинивших шлифов применять следующие методы:

–осторожное нагревание муфты пламенем спиртовки (при наличии в сосуде горючих жидкостей данный метод применять нельзя);

–смачивание шлифа растворителями;

–легкое постукивание по муфте деревянным предметом.

Большую осторожность следует соблюдать при монтаже и демонтаже приборов из стекла. Все металлические лапки штативов должны иметь мягкую прокладку на соприкасающихся со стеклом поверхностях, винты должны закручиваться легко и свободно.

Внутренний диаметр резиновых шлангов, предназначенных для соединения отдельных частей прибора, должен быть лишь ненамного диаметра соединяемых стеклянных трубок. При надевании шланга трубку держать как можно ближе к концу, шланг слегка поворачивать. Для уменьшения трения рекомендуется слегка смазать надеваемый конец трубки глицерином или вазелиновым маслом;

б) категорически запрещается использовать посуду, имеющую трещины и выбоины. Осколки разбитой посуды убирать только с помощью щетки и совка;

в) запрещается производить разрезание трубки и вскрытие ампул, не обвернув их предварительно полотенцем. Края разрезанной трубки следует немедленно оплавить на пламени спиртовки;

г) стекло не выдерживает резких перепадов температур. Процессы, требующие нагревания выше 100оС, проводить только в тонкостенной посуде из термостойкого стекла. Особенно следует оберегать от неравномерного нагревания толстостенные стеклянные изделия – эксикаторы, колбы Бунзена, мерные цилиндры и др. их нельзя мыть очень горячей водой, помещать в разогретый сушильный шкаф, наливать в них горячие жидкости. В приборах из термостойкого стекла наиболее уязвимы места спаев – при резком перепаде температуры они могут дать трещину;

д) в рабочем столе или шкафу следует держать только самую необходимую, постоянно используемую посуду. Минимальный запас посуды необходим, однако он должен храниться отдельно.

Заключение

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

В работе использованы методики радиохимического и спектрометрического определения 90Sr в пробах почвы. Для анализа было отобрано 12 проб с разных испытательных площадок с активностью, не превышающую 2000 Бк/кг. Все пробы проходили спектрометрический анализ.

Проводились повторные анализы на воспроизводимость результатов. По данным анализов были построены графики показывающие зависимость бета-излучающих радионуклидов на активность стронция.

На основании полученных данных мы делаем вывод, что радионуклиды 137Cs и 40К существенно влияют на общую активность.

При проведении различных исследований с использованием методов спектрометрии необходимо учитывать, что полученные данные о наличие и содержании исследуемого изотопа стронция не учитывают влияние других излучателей.

Для того чтобы сделать вывод необходимо комплексное использование различных методик и более глубокого изучения данной проблемы.

Список использованной литературы

1 Ядерные испытания СССР. Семипалатинский полигон: Обеспечение общей и радиационной безопасности ядерных испытаний /Кол. Авторов под руководством проф. Логачева В.А. – М.: 1997. – 319с.

2 Артемьев, О.И. Радиоактивное загрязнение территории Семипалатинского полигона от атмосферных ядерных испытаний / О.И. Артемьев, М.А. Ахметов, Л.Д. Птицкая // Вестник НЯЦ РК. Выпуск 3 “Радиоэкология”. Охрана окружающей среды, сентябрь, 2000.– С. 29-35.

3 Кадыржанов, К.Х. и др. Особенности состава, форм нахождения и распределения радионуклидов на различных площадках СИП/ К.Х. Кадыржанов и др. // Вестник НЯЦ РК. Выпуск 3 “Радиоэкология”. Охрана окружающей среды, сентябрь, 2000.-С. 29-35.

4 Артемьев, О.И. Современная радиационная обстановка на Семипалатинском испытательном полигоне/ О.И.Артемьев, Ю.Г.Стрельчук, В.Н. Жумадилов // Вестник НЯЦ РК. Выпуск 3 “Радиоэкология”. Охрана окружающей среды, сентябрь, 2000.-С. 35-45.

5. Контроль радиационной обстановки до и после закрытия каждой из 57 штолен горного месива “Дегелен”: отчет по проекту № DSWA №0016/3. / Л.Д. Птицкая. – Инв.№ 184– С. 45-48.

6 Проведение полевых исследований: аннотационный отчет за 1998г./ Жариков С.К. – №1-ВК/10, Инв.№1-118-Курчатов, 1998.-С4-7.

7 Жариков, С.К. Радиоэкологическое обследование южной части территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона/ С.К. Жариков // Вестник НЯЦ РК. Выпуск 3 “Радиоэкология”. Охрана окружающей среды, сентябрь, 2000.– С. 58-62.

8 Смирнова, Е.А. Искусственные радионуклиды в окружающей среде: Препринт/ Е.А. Смирнова, В.Г. Савоненков, Ю.В. Дубасов. – М.: ЦНИИатоминформ, 200. – 310 с.

9 Колпаков, П.Е. Основы ядерной физики / П.Е. Колпаков. – М.: Просвещение, 1969. – 280 с.

10 Широков, Ю.М. Практикум по ядерной физике / Ю.М. Широков, Н.П. Юдин. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – 124 с.

11 Левин, Л.П. Измерение ядерных излучений / Л.П. Левин, В.Е. Хамьянов. – М.: Атомиздат, 1969. – 273 с.

12 Ровинский, Ф.Я. Методы радиоизотопного анализа продуктов нейтронной активации и деления / Ровинский Ф.Я. – М.: Атомиздат, 1973. – 198 с.

13 Ярмоненко, С.П. Радиация и жизнь / С.П. Ярмоненко - М.: Медицина, 1989. – 349 с.

14. Методика измерения состава и относительного содержания радионуклидов в источниках альфа-излучения на спектрометре альфа-излучения ОСТ95-78. – 12с.

15 Радиохимическая методика выделения из проб почвы и приготовления препаратов для альфа-спектрометрических измерений СТП 17.66-92.- 17 с.

16 Инструкции по мерам безопасности при работе с электроустановками № 01-08/7 от 27.01.99.-С 3-5.

17 СП 2.6.1.758-99. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). – Издание официальное. – Алматы, 2000.

18 Инструкция по радиационной безопасности при работе в радиохимической лаборатории. Инв.№ 01-09/10 от 05.02.01. – С. 3-6.

Приложение А

