

IAEA-TECDOC-1092/R

***Руководство по мониторингу
при ядерных или
радиационных авариях***



МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

МАГАТЭ

Январь 2002

Оригинал настоящего документа выпущен на английском языке
Секцией оценки безопасности
Международного агентства по атомной энергии
Wagramer Strasse 5
P.O. Box 100
A-1400 Vienna, Austria

Руководство по мониторингу при ядерных или радиационных авариях
МАГАТЭ, Вена
IAEA-TECDOC-1092/R
ISSN 1011-4289
© IAEA, 2002

Напечатано МАГАТЭ в Австрии
Январь 2002

ПРЕДИСЛОВИЕ

Способность к проведению незамедлительной и адекватной оценки необходимости защитных мероприятий является одним из наиболее важных аспектов управления аварийной радиационной ситуацией. Для такой оценки следует использовать основную относящуюся к делу доступную информацию. Принятие решений и оценка аварии представляют собой повторяющийся и динамический процесс, включающий пересмотр результатов начальной оценки по мере получения более полной и детальной информации. Мониторинг в аварийной ситуации является одним из основных источников получения необходимой информации.

Настоящее издание соответствует цели *Конвенции о помощи в случае ядерной аварии или радиационной аварийной ситуации* (Юридическая Серия No. 14), согласно которой МАГАТЭ среди других вопросов уполномочено оказывать помощь государствам-членам и другим государствам в развитии соответствующих программ, инструкций и стандартов радиационного мониторинга (Статья 5).

Область применения руководства ограничена практическими рекомендациями по проведению мониторинга окружающей среды и источника во время ядерной или другой радиационной аварийной ситуации. В документе не отражены вопросы готовности к аварийному реагированию. Указанные вопросы отражены в других документах МАГАТЭ, в том числе в документах *Методика подготовки к реагированию на ядерные или радиационные аварии* (IAEA-TECDOC-953), *Критерии вмешательства в случае ядерной или радиационной аварии* (Серия безопасности No. 109) и *Руководство по радиационной защите при авариях ядерных реакторов* (IAEA-TECDOC-955). Настоящее руководство не рассматривает вопросы мониторинга на станции после аварии на ядерном объекте.

Представленные в руководстве Инструкции и данные были подготовлены с должным вниманием к их точности. Однако, являясь частью продолжающегося процесса пересмотра, они подвергаются детальным проверкам с целью обеспечения качества; комментарии приветствуются; по прошествии времени, достаточного для более обширного обзора, МАГАТЭ проведет пересмотр документа, что является частью процесса продолжающегося усовершенствования. Между тем, это оставляет за пользователями ответственность за обеспечение того, что информация будет точной и соответствующей их целям. В руководстве используется множество видов мониторинга. Поэтому перед использованием руководства убедительно рекомендуется тщательно изучить его содержание.

МАГАТЭ выражает признательность за содействие экспертам различных стран-членов, принимавших участие в разработке и пересмотре данного издания. Mr. R. Martinčić, консультант МАГАТЭ, являлся научным секретарем, и Mr. M. Crick, Division of Radiation and Waste Safety – ответственным за настоящее издание сотрудником МАГАТЭ.

ПРИМЕЧАНИЕ РЕДАКЦИИ

При подготовке данного материала к печати сотрудники Международного агентства по атомной энергии собрали и сделали сквозную нумерацию страниц оригиналов рукописей. Выраженные в материалах взгляды не обязательно отражают взгляды правительств стран-членов или организаций, под эгидой которых рукописи были созданы.

Использование в данной книге ссылок на отдельные страны или территории не подразумевает какого-либо мнения издателя, МАГАТЭ, как относительно юридического статуса данной страны или территории, правительственных и общественных институтов, так и их границ.

Упоминание отдельных компаний или их изделий или фирменных знаков (независимо от того, были они зарегистрированы или нет) не означает какого-либо одобрения или рекомендаций со стороны МАГАТЭ.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----|
| ВВЕДЕНИЕ | 1 |
| Область применения | 1 |
| Цели мониторинга в аварийной ситуации | 2 |
| Структура | 2 |
| ОБЗОР МОНИТОРИНГА | 3 |
| Организация мониторинга | 3 |
| План аварийного мониторинга и программы отбора проб | 3 |
| Аварии малого масштаба | 6 |
| Аварии среднего и крупного масштабов | 8 |
| Квалификация персонала | 9 |
| Приборное оснащение | 11 |
| Мобильные лаборатории | 18 |
| Воздушная разведка | 22 |
| Руководство по радиационной защите аварийных групп | 23 |
| Гарантия качества и контроль качества | 23 |
| | |
| РАЗДЕЛ А: ПОЛЕВОЙ МОНИТОРИНГ УРОВНЕЙ РАДИАЦИИ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ | |
| A0: Контроль качества работы радиационных приборов | 31 |
| A1: Разведка в облаке | 34 |
| A2: Разведка выпадений на землю | 37 |
| A3: Дозиметрия окружающей среды | 40 |
| A4: Мониторинг источника | 43 |
| A5: Разведка поверхностного загрязнения | 47 |
| A6: Разведка загрязнения с воздуха | 54 |
| A6a: Калибровка спектрометра для воздушного мониторинга | 62 |
| A7: Мониторинг источника с помощью воздушной разведки | 65 |
| A8: Индивидуальный мониторинг | 73 |
| A8a: Индивидуальная дозиметрия – внешняя | 75 |
| A8б: Мониторинг щитовидной железы | 78 |
| A8в: Индивидуальный мониторинг загрязнения | 80 |
| A8г: Мониторинг индивидуальной дезактивации | 84 |
| A9: Руководство по индивидуальной защите аварийных рабочих | 87 |
| | |
| РАЗДЕЛ Б: ОТБОР ПРОБ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ | |
| B1: Отбор проб воздуха | 93 |
| B2: Отбор проб почвы | 97 |
| B3: Отбор проб воды | 100 |
| B4: Отбор проб молока | 103 |
| B5: Отбор проб пищевых продуктов | 106 |
| B6: Отбор проб кормов | 109 |
| B7: Отбор проб отложений | 112 |
| | |
| РАЗДЕЛ В: ИЗМЕРЕНИЯ ОБЩЕЙ АЛЬФА- И БЕТА- АКТИВНОСТИ | |
| V1: Общая альфа- и бета- активность в пробах воздуха и воды | 117 |
| V1a: Калибровка пропорционального счетчика для измерений воздушных фильтров | 121 |
| V1б: Калибровка пропорционального счетчика для измерений проб воды | 124 |
| V1в: Контроль качества пропорционального счетчика альфа-/бета- излучений | 127 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| РАЗДЕЛ Г: | ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЯ | |
| Г1: | Гамма-спектрометрия in-situ | 131 |
| Г1а: | Калибровка спектрометра для измерений in-situ | 136 |
| Г1б: | Быстрая калибровка в случае аварийной ситуации | 143 |
| Г2: | Гамма-спектрометрия в лабораторных условиях | 145 |
| Г2а: | Калибровка энергии | 150 |
| Г2б: | Калибровка эффективности | 152 |
| Г2в: | Быстрая калибровка в случае аварийной ситуации | 157 |
| Г3: | Контроль качества спектрометра | 158 |
| Г4: | Подготовка пробы | 160 |
| РАЗДЕЛ Д: | РАДИОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ | |
| Д1: | Анализ трития с помощью простой дистилляции | 165 |
| Д1а: | Калибровка жидкостного сцинтилляционного счетчика | 170 |
| Д1б: | Контроль качества работы жидкостного сцинтилляционного счетчика | 172 |
| Д2: | Анализ стронция | 174 |
| Д2а: | Калибровка жидкостного сцинтилляционного счетчика | 177 |
| Д2б: | Контроль качества работы жидкостного сцинтилляционного счетчика | 179 |
| Д2в: | Подготовка проб | 180 |
| Д2г: | Выделение стронция – методика с использованием азотной кислоты | 184 |
| Д2д: | Выделение стронция – метод экстракционной хроматографии | 187 |
| Д2е: | Подготовка колонки со смолой для стронция | 189 |
| Д3: | Анализ плутония | 190 |
| Д3а: | Калибровка альфа-спектрометра | 192 |
| Д3б: | Контроль качества спектрометра | 194 |
| Д3в: | Подготовка пробы | 195 |
| Д3г: | Ионообменная колонка для экстракции плутония | 202 |
| Д4: | Анализ америция/кюрия | 203 |
| Д4а: | Подготовка пробы | 206 |
| Д4б: | Колонка для америция/кюрия, заполненная смолой TRU | 208 |
| Д4в: | Колонка для америция/кюрия, заполненная смолой TEVA | 209 |
| РАЗДЕЛ Е: | ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ ДАННЫХ | |
| Е1: | Оценка данных полевого мониторинга | 213 |
| Е2: | Оценка данных о концентрации радионуклидов | 214 |
| КАРТЫ | | |
| А0: | Регистрация контроля качества прибора | 219 |
| А1: | Регистрация мощности амбиентной дозы | 220 |
| А2: | Полевые данные ТЛД по мониторингу окружающей среды | 221 |
| А3: | Данные мониторинга источника | 222 |
| А4: | Данные разведки радиоактивного загрязнения | 223 |
| А4а: | Данные разведки загрязнения транспорта | 224 |
| А5: | Регистрация индивидуальной дозиметрии | 225 |
| А6: | Регистрация контроля индивидуального загрязнения | 226 |
| А7: | Регистрация индивидуальной дезактивации | 227 |
| А8: | Результаты воздушной разведки загрязнения почвы | 228 |
| А9: | Результаты воздушной разведки мониторинга источника | 229 |
| Б1: | Регистрация отбора проб воздуха | 230 |
| Б2: | Регистрация отбора проб почвы | 231 |
| Б3: | Регистрация отбора проб воды | 232 |
| Б4: | Регистрация отбора проб молока | 233 |
| Б5: | Регистрация отбора проб пищевых продуктов | 234 |

| | | |
|-----|--|-----|
| Б6: | Регистрация отбора проб кормов | 235 |
| Б7: | Регистрация отбора проб отложений | 236 |
| В1: | Результаты измерений альфа-/бета- в воздухе и воде | 237 |
| Г1: | Результаты гамма-спектрометрии in-situ | 238 |
| Г2: | Результаты гамма-спектрометрии | 239 |
| Д1: | Результаты анализа трития | 240 |
| Д2: | Результаты анализа стронция | 241 |
| Д3: | Результаты альфа-спектрометрии | 242 |

КОНТРОЛЬНЫЕ ПЕРЕЧНИ ОБОРУДОВАНИЯ

| | | |
|-----|--|-----|
| А0: | Оборудование, общее для всех групп | 245 |
| А1: | Оборудование группы разведки окружающей среды | 246 |
| А2: | Оборудование группы индивидуального мониторинга и дезактивации | 247 |
| А3: | Оборудование для разведки с воздуха | 248 |
| Б1: | Оборудование групп отбора проб воздуха | 249 |
| Б2: | Оборудование группы отбора проб окружающей среды и пищевых продуктов | 250 |
| Г1: | Оборудование группы спектрометрии in-situ | 251 |

ПРИЛОЖЕНИЯ

| | | |
|-----|---|-----|
| I | Предлагаемые группы мониторинга | 255 |
| II | Приборы | 258 |
| III | Спутниковая система определения координат | 261 |
| IV | Данные о радионуклидах | 262 |
| V | Действующие уровни вмешательства | 276 |
| VI | Стратегия и методы отбора проб | 279 |

| | |
|------------|-----|
| ЛИТЕРАТУРА | 291 |
|------------|-----|

| | |
|-----------|-----|
| ГЛОССАРИЙ | 293 |
|-----------|-----|

| | |
|-------------|-----|
| ОБОЗНАЧЕНИЯ | 305 |
|-------------|-----|

| | |
|--------------|-----|
| АББРЕВИАТУРЫ | 307 |
|--------------|-----|

| | |
|--|-----|
| УЧАСТНИКИ ПРОЦЕССОВ СОСТАВЛЕНИЯ И РАССМОТРЕНИЯ | 309 |
|--|-----|

СПИСОК ТАБЛИЦ

| | | |
|--------------|---|-----|
| Таблица А1: | Действующие уровни вмешательства для загрязнения кожных покровов и одежды | 82 |
| Таблица А2: | Руководство по индивидуальной дезактивации | 86 |
| Таблица А3: | Рекомендации по возвращению аварийных рабочих, выраженные в единицах накопленной дозы | 89 |
| Таблица Г1: | Список радионуклидов, часто используемых для калибровки эффективности | 153 |
| Таблица Д1: | Типичные параметры анализов стронция | 174 |
| Таблица Д2: | Типичные параметры анализов плутония | 190 |
| Таблица Д3: | Типичные параметры анализов америция/кюрия | 203 |
| Таблица И1: | Предлагаемые группы мониторинга, их состав и требуемое обучение | 256 |
| Таблица И1: | Обзор основных классов приборов | 259 |
| Таблица IV1: | Альфа-излучатели | 263 |
| Таблица IV2: | Бета-излучатели | 263 |
| Таблица IV3: | Гамма-излучатели | 264 |

| | | |
|--------------|--|-----|
| Таблица IV4: | Фоновые линии гамма-излучения в измеренных Ge спектрометром спектрах | 267 |
| Таблица IV5: | Линии гамма-излучения: перечисление в соответствии с энергией | 268 |
| Таблица IV6: | Возможные интерференции в гамма-спектрометрии | 272 |
| Таблица IV7: | Типичные радионуклиды, содержащиеся в выбросе вследствие различных ядерных аварий | 274 |
| Таблица IV8: | Типичные гамма-излучающие радионуклиды, содержащиеся в выбросе при авариях реакторов | 275 |
| Таблица V1: | Действующие уровни вмешательства в случае аварии на реакторе | 277 |

СПИСОК РИСУНКОВ

| | | |
|-------------|---|-----|
| Рисунок 1: | Общая организация мониторинга окружающей среды и источника | 5 |
| Рисунок 2: | Стратегия мониторинга | 6 |
| Рисунок 3: | Последовательность решений при аварийном мониторинге и отборе проб | 7 |
| Рисунок 4: | Приборы, используемые для радиационного мониторинга | 13 |
| Рисунок А1: | Рекомендуемый способ обращения с поверхностным датчиком при определении загрязнения | 53 |
| Рисунок А2: | Пример системы гамма-спектрометрии для воздушной разведки | 61 |
| Рисунок А3: | Геометрический фактор Φ/A_S как функция энергии фотонов при распределении радионуклидов на поверхности для различной высоты полета | 64 |
| Рисунок А4: | Сканирование поглощения радиойода щитовидной железой | 79 |
| Рисунок А5: | Техника "обыска" | 82 |
| Рисунок Г1: | Типичный полевой участок для проведения гамма-спектрометрии in-situ | 133 |
| Рисунок Г2: | Φ/A_S как функция энергии фотонов при распределении источника на поверхности (на высоте 1 м над землей) | 138 |
| Рисунок Г3: | Типичный коэффициент отклика для Ge детектора при относительной эффективности 22% | 140 |
| Рисунок Г4: | Значение коэффициента угловой поправки для германиевых детекторов | 142 |
| Рисунок Г5: | Типичные кривые эффективности для гамма-спектрометра с Ge детектором и NaI(Tl) детектором | 154 |
| Рисунок Д1: | Дистиллятор для анализа трития | 167 |
| Рисунок Д2: | Пример электроосаждающей ячейки | 200 |
| Рисунок Д3: | Обзорная схема подготовки пробы для анализа плутония | 201 |

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий документ входит в серию последних документов МАГАТЭ, опубликованных в форме TECDOC [1, 2, 3], которые содержат рекомендации по аварийному планированию, готовности и реагированию в случае ядерной или любой другой радиационной аварии.

Целью документа является представление практических рекомендаций по мониторингу окружающей среды, источника, оборудования, а также индивидуальному мониторингу во время ядерной или радиационной аварийной ситуации.

- (а) Необходимо рассмотреть и скорректировать представленные в документе материалы в рамках процесса планирования для совершенствования существующей в стране организации аварийного реагирования и оценки аварии, а также имеющихся в наличии ресурсов.
- (б) К использованию документа на практике должен допускаться только персонал, изучивший его и участвовавший в практических занятиях.
- (в) В инструкциях представлена общая последовательность действий, в которой они должны выполняться. Однако, зачастую возможно выполнение действий вне последовательности. В связи с этим, рекомендуется полностью прочитать каждую инструкцию перед ее использованием.
- (г) Форма написания инструкции соответствует требованиям гарантии качества.

Настоящее издание соответствует цели *Конвенции о помощи в случае ядерной аварии или радиационной аварийной ситуации* [4].

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

В документе представлены технические требования и инструкции для проведения радиационного мониторинга, отбора проб окружающей среды и лабораторных анализов в процессе реагирования на ядерные или другие радиационные аварийные ситуации. По существу документ ограничивается методами отбора и измерений проб, описанием оборудования и персонала, регистрацией результатов проведенных измерений для последующих интерпретации и анализов. В документе не описаны пути детальной интерпретации данных или оценки доз облучения; вопросы, которые освещаются в [2, 3]; критерии вмешательства [5]; однако даны рекомендации для персонала, проводящего измерения, как в полевых, так и в лабораторных условиях.

Описанные аварии варьируют от серьезных аварий на реакторах до аварий с вовлечением небольшого количества радиоактивного материала. В ситуации серьезных аварий с последствиями за пределами площадки настоящее руководство сосредоточено на мониторинге за пределами площадки. В руководстве не описывается мониторинг на территории станции. В документе представлены рекомендации для групп: разведки окружающей среды, отбора проб воздуха, гамма-спектрометрии in-situ, индивидуального мониторинга и дезактивации, изотопного анализа. Рекомендуемое минимальное количество групп для каждой категории аварийного планирования представлено в Приложении VII [1].

ЦЕЛИ МОНИТОРИНГА В АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ

Целями мониторинга в аварийной ситуации (аварийного мониторинга) являются:

- (а) представление информации для классификации аварии;
- (б) оказание содействия лицам, принимающим решения, по вопросам необходимости осуществления защитных мероприятий и вмешательства на основании действующих уровней вмешательства (ДУВ);
- (в) оказание помощи в предотвращении распространения радиоактивного загрязнения;
- (г) представление информации для защиты аварийных рабочих;
- (д) представление точных и своевременных данных об уровне и степени опасности, возникшей вследствие радиационной аварийной ситуации;
- (е) определение протяженности пострадавшей территории и продолжительности опасности;
- (ж) представление детальных физических и химических характеристик опасности;
- (з) подтверждение эффективности защитных мероприятий, таких как дезактивация и др.

СТРУКТУРА

Руководство состоит из разделов, соответствующих порядку проведения измерений при серьезной аварии на реакторе, а именно:

- мощность амбиентной дозы (гамма-/бета-) в облаке, от выпадений, от источника;
- концентрация радионуклидов в воздухе;
- карты выпадений для I-131 и Cs-137 и других значимых радионуклидов;
- радионуклидный состав выпадений;
- содержание радионуклидов в пробах продуктов, питьевой воды и других.

Вводный Раздел содержит обзор программ аварийного мониторинга и отбора проб, групп мониторинга, их квалификации и обучения, оборудования и приборов для мониторинга, рекомендаций по защитным мерам для групп аварийного мониторинга, вопросы гарантии и контроля качества.

В Разделе А описаны специфика проведения мониторинга радиоактивного излучения и загрязнения в полевых условиях. Раздел Б посвящен вопросам отбора проб в полевых условиях, Раздел В – описывает требования к проведению измерений альфа- и бета- излучений, Раздел Г – посвящен гамма-спектрометрии, Раздел Д – инструкциям по радиохимическому анализу, Раздел Е – оценке основных данных.

В качестве помощи к Инструкциям прилагаются Карты, Контрольные перечни оборудования и Приложения, в которых представлены практические примеры и полезная информация, применимая при аварийном мониторинге.

ПРИМЕЧАНИЕ

Для того чтобы найти необходимую информацию в данном руководстве, можно использовать три способа:

- (а) Рисунок 1 (Общая организация мониторинга),
- (б) Содержание на стр. *iii*, и
- (в) Ключевые слова в указателе.

ОБЗОР МОНИТОРИНГА

ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА

Множество официальных организаций и ведомств осуществляют рутинный радиационный мониторинг окружающей среды с различными целями. В процессе аварийного планирования важно определить такие организации, выяснить их ресурсы по оборудованию и обученному персоналу, заручиться их поддержкой. Участвующие в реагировании организации должны проводить, там, где это возможно, периодические обучения и тренировки готовности на случай радиационной аварии.

Общая организация мониторинга, описанная в данном руководстве, основана на организационной структуре и схеме реагирования, представленных в руководствах по готовности к аварийному реагированию [1] и оценке аварий на реакторах [3] или других радиационных аварий [2]. На Рисунке 1 представлен обзор общей организации мониторинга и функциональных обязанностей в форме, соответствующей указанным выше документам.

ПЛАН АВАРИЙНОГО МОНИТОРИНГА И ПРОГРАММЫ ОТБОРА ПРОБ

Структура программы аварийного мониторинга и отбора проб составлена в соответствии с основными целями, для выполнения которых она и была установлена (Рисунок 2). Прежде всего, необходимо сформулировать вопрос, на который требуется ответить, а затем разработать программу, которая определит требования к ресурсам (специалисты, оборудование, лаборатории).

При разработке программы аварийного мониторинга необходимо определить существующие возможности и техническую компетенцию. При отсутствии необходимых компонентов и четком установлении их необходимости следует учредить и разработать такие возможности и знания. При этом является важным определить роли и обязанности действующих организаций и технических специалистов, учредить постоянные действующие инструкции для каждой организации или выполняемой функции. Ответственные за разработку возможностей проведения мониторинга должны также учитывать необходимость установления объединений или соглашений о взаимопомощи с другими организациями для распределения возможностей и ресурсов с целью скорейшей их мобилизации.

Во время радиационной аварии и сразу после нее вероятно перегрузка ресурсов аварийного реагирования, в связи с чем, является важным обеспечение их наиболее эффективного и рационального использования до того времени, пока не будет получена дополнительная помощь. Вначале следует определить с помощью всей доступной метеорологической информации и результатов прогнозирования по моделям протяженность географической территории, на которой люди могут пострадать от выброса радиоактивного материала. Очередность проведения мониторинга и отбора проб должна учитывать структуру этой территории: то есть, является ли она жилой, сельскохозяйственной, сельской, торговой, ведется ли на ней промышленная деятельность, имеются ли коммунальные услуги и элементы инфраструктуры. Затем на основании действующих уровней вмешательства и других факторов следует определить необходимость проведения дополнительных защитных мероприятий для населения, домашнего скота, посевов, запасов воды, и т.д., а также введения запрета на потребление пищевых продуктов и воды, поддержания или восстановления элементов инфраструктуры жизнеобеспечения. На стадии начального реагирования приоритетной задачей по

отношению к количественным анализам должно быть определение территории, которая является действительно "грязной", что особенно актуально в случае ограниченных ресурсов реагирования.*

В случае серьезной ядерной аварии может потребоваться проведение неотложного мониторинга на большой территории (100-1000 км²). Поэтому для обеспечения мониторинга на раннем этапе аварии и отслеживания облака рекомендуется устанавливать вокруг АЭС станции автоматических измерений, проводящие непрерывные измерения уровней мощности дозы в окружающей среде с передачей их в аварийные центры. Еще лучше, если такие станции могут также измерять концентрацию аэрозолей и газообразного йода. Также следует подготовить карту с заранее определенными точками отбора проб (по крайней мере, на расстоянии 50 км вокруг АЭС). Для уточнения очередности проведения мониторинга может использоваться компьютерное моделирование распространения радиоактивного облака при учете источника выброса, метеоусловий и т.д.: первоочередному мониторингу подлежат наиболее загрязненные по результатам прогнозирования населенные территории.

Состав радионуклидов в выбросе зависит от сценария аварии на реакторе. Вероятность выброса летучих радионуклидов, таких как ¹³¹I, ¹³²I, ¹³³I, ¹³¹Te, ¹³²Te, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ¹⁰³Ru, ¹⁰⁶Ru и инертные газы, наиболее высока. В течение первых дней и недель после аварии наибольший вклад в формирование доз облучения вносят короткоживущие радионуклиды, такие как ¹³²I, ¹³¹I, ¹³²Te, ¹⁰³Ru, ¹⁴⁰Ba, ¹⁴¹Ce. Это следует учесть при подготовке программы мониторинга и отбора проб.

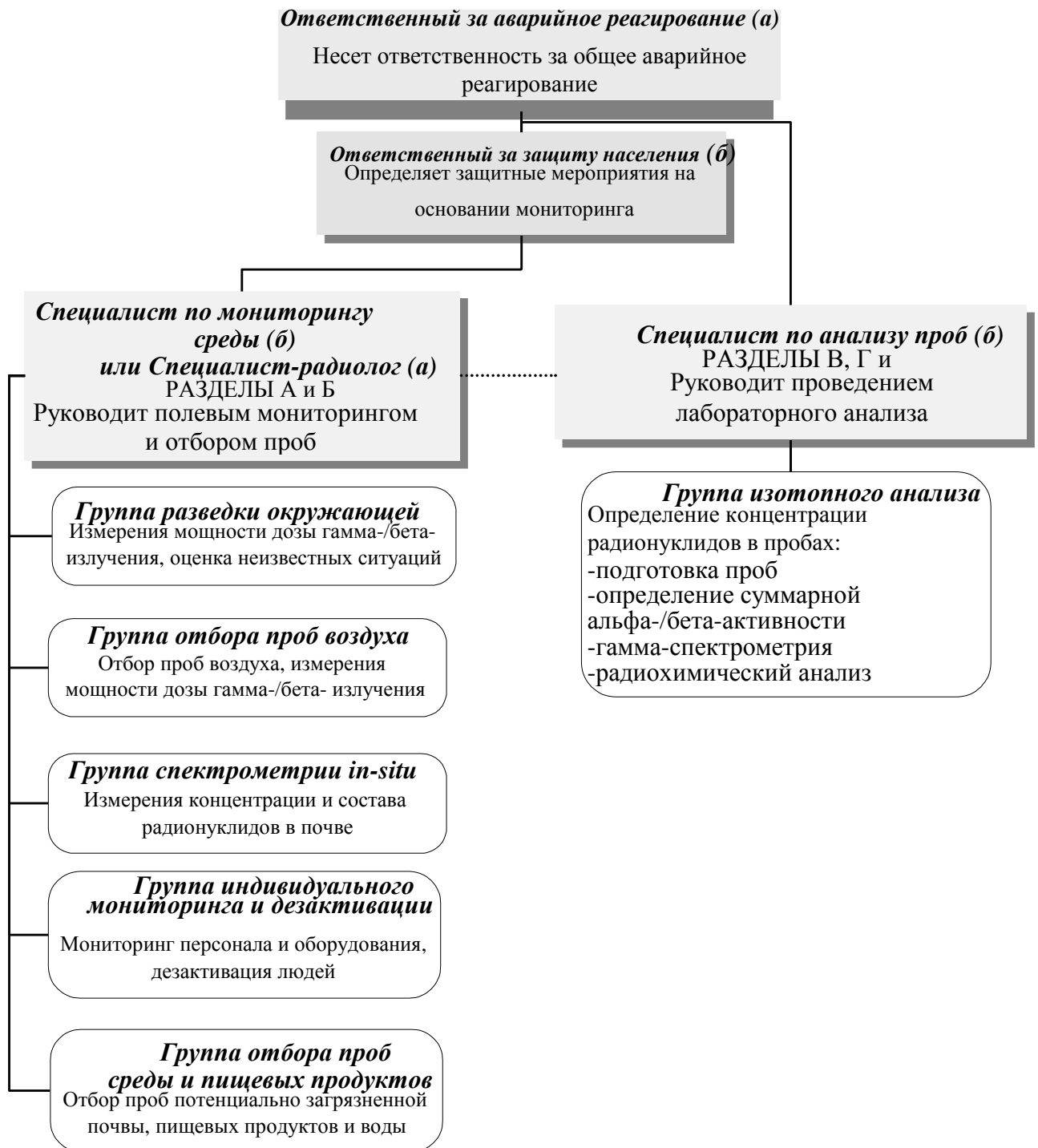
План программы аварийного мониторинга и отбора проб будет определен в соответствии с уровнем рассматриваемой аварии и способностью квалифицированных групп к реагированию на аварийную радиационную ситуацию.

На рисунке 3 представлено дерево решений, описывающее последовательность вопросов, определяющих действия в рамках программы мониторинга и отбора проб.

* Существует законное политическое беспокойство по поводу тенденции чиновников в области радиационной защиты определять любые территории, где радиационные уровни превышают фоновые, как "пострадавшие" от радиационной аварии. Несмотря на то, что такое утверждение может быть истинным в соответствии со строгим научным определением, оно является слишком консервативным при сопоставлении с социальным и экономическим влиянием. В этом контексте "грязными" территориями должны быть такие, где AMBIENTная доза превышает, либо находится на уровне, требующем вмешательства для предотвращения потенциального вреда человеку от облучения. За пределами таких зон уровни радиации могут быть несколько выше фонового. Критическим является то, что аналитик – хотя бы в короткий период – не устранит контролируемую или ограниченную активности, что может внести вклад в восстановление важных функций.

РИСУНОК 1

ОБЩАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ИСТОЧНИКА



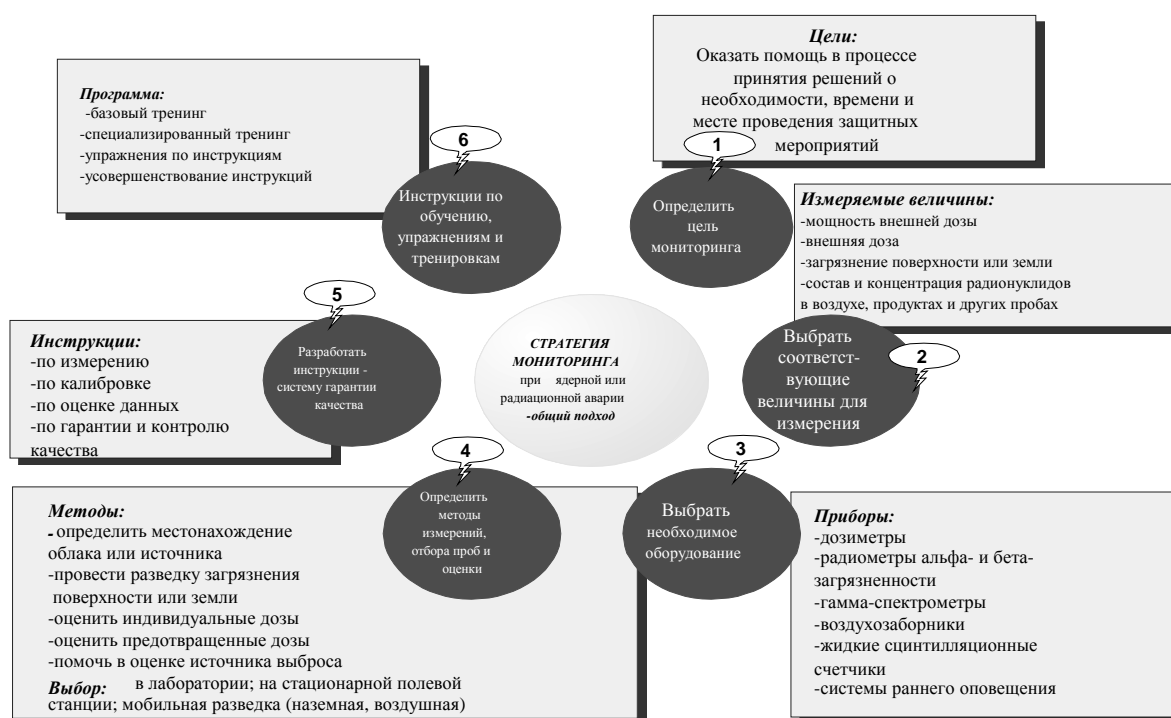
^(а) как определено в [2].

^(б) как определено в [3].

Примечание: Признано, что в реальной жизни скорее одна группа сможет выполнить одну или более из указанных функций, чем для каждой функции будет использоваться отдельная группа. В действительности "группа" может включать в себя представителей нескольких организаций или "группы" могут пересекаться.

Организационная структура должна быть пересмотрена с тем, чтобы она отражала местные и национальные условия.

РИСУНОК 2 СТРАТЕГИЯ МОНИТОРИНГА



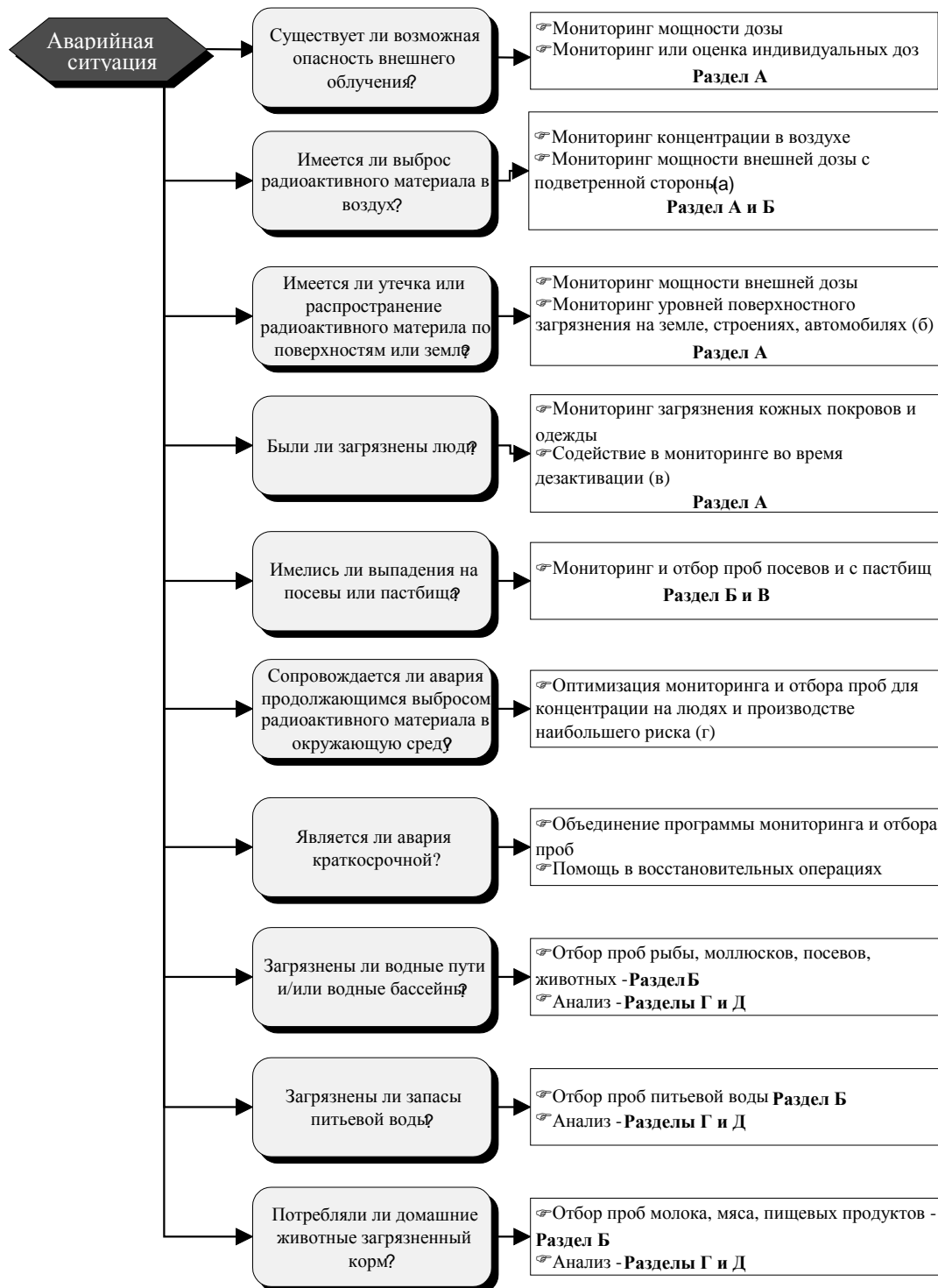
Аварии малого масштаба

Для таких аварий малого масштаба, как потеря источника, небольшие аварии при транспортировке, небольшие утечки радиоактивных веществ может оказаться достаточным наличие на месте аварии одного специалиста, знающего методы радиационного мониторинга и имеющего при себе набор основных приборов для его проведения. Таким техническим специалистом или Специалистом-радиологом может явиться инспектор по радиационному лицензированию, медицинский работник, медицинский физик, работник университета, пожарный и т.д., при условии, что указанные должностные лица квалифицированы в использовании приборов по мониторингу, интерпретации результатов измерений, и передаче информации о восстановительных мероприятиях. Набор основных приборов может включать дозиметры для измерения мощности дозы в среднем диапазоне и портативные радиометры загрязнения общего пользования.

В случае аварийных ситуаций с вовлечением значительных территорий, когда указанные должностные лица могут проживать в столице (центральных городах), может оказаться необходимым обучить менее квалифицированных лиц на местном уровне использованию набора основных приборов, передаче информации о состоянии аварийной ситуации и проведенных измерениях техническим экспертам, находящимся на отдалении от места, для оценки ситуации и консультации о необходимых мерах предосторожности и соответствующих защитных мероприятиях. Соответствующим персоналом для выполнения поддержки такого вида являются пожарные, полиция или другой местный персонал аварийного реагирования, при условии, что они обучены соответствующим образом и имеют соответствующее оборудование для проведения мониторинга. На этапе таких приготовлений важно обеспечить наличие на месте аварийных коммуникаций и соглашений по координации для обеспечения возможности контакта соответствующего персонала в любое время дня или ночи и четкой передачи информации между группой мониторинга и Специалистом-радиологом.

РИСУНОК 3

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РЕШЕНИЙ ПРИ АВАРИЙНОМ
МОНИТОРИНГЕ И ОТБОРЕ ПРОБ



- (а) Количество групп мониторинга будет определяться масштабом выброса и может варьировать от одной до значительного числа групп. Данные будут передаваться с места полевых измерений в центральный контрольный пункт, из которого руководят группами мониторинга. Полевые пробы возвращаются для проведения гамма-спектрометрии или других определений радионуклидов.
- (б) При распространении загрязнения поверхности, связанного с выпадениями из воздушного выброса, обратите особое внимание на возвышенные участки, территории, где проходил дождь, населенные местности и пункты производства пищевых продуктов.
- (в) Зарегистрируйте информацию о загрязненных субъектах для возможного последующего наблюдения с проведением дозиметрии внутреннего облучения, скрининга и оценки.
- (г) Учредить частоту проведения мониторинга и отбора проб, места отбора проб и т.д. Предусмотреть смены персонала в группах проведения мониторинга, отбора и анализа проб.

Специалист-радиолог должен будет решить, какие измерения необходимо провести, и какое оборудование для проведения мониторинга или отбора проб необходимо взять с собой или отправить на место аварии. Без оборудования для проведения мониторинга или отбора проб Специалист-радиолог может оказаться не в состоянии полностью определить степень и природу опасности. Он/она должен (должна) полагаться на соответствующие приборы по обнаружению радиации для подтверждения присутствия или отсутствия источников ионизирующего излучения.

Аварии среднего и крупного масштабов

При аварии с выбросом в атмосферу будет необходимо несколько групп мониторинга для определения опасности для населения путем установления протяженности облака, концентрации радионуклидов в облаке, выпадений из облака. Группам мониторинга будет необходимо провести замеры мощности амбиентной дозы от облака, от выпадений, или непосредственно от источника. Группы мониторинга должны быть развернуты на раннем этапе аварии для обеспечения максимальной защиты населения, принимая во внимание и необходимость обеспечения защиты самих членов групп мониторинга.* Если ожидается, что аварийная ситуация продлится продолжительное время, следует организовать возможность сменной работы групп мониторинга и отбора проб в полевых условиях.

Определив текущую ситуацию и предприняв соответствующие неотложные действия, следует учредить программы отбора проб для определения необходимости временного переселения людей, укрытия животных и обеспечения населения чистыми пищевыми продуктами. Овощи и другие продукты местного производства, питьевая вода и молоко от местных коров должны быть проверены для сравнения полученных значений с уровнями действия. Масштабы и природа таких программ отбора проб будет зависеть от размеров и уровня выброса, демографической ситуации, характеризующейся видами сельскохозяйственного производства и распределения населения.

Отбор проб необходимо проводить в течение всех этапов серьезной (тяжелой) аварийной ситуации. На раннем этапе аварии с радиоактивным загрязнением воздуха следует проводить отбор проб в следующей последовательности:

- (а) *отбор проб воздуха в облаке* во время выброса; измерение концентрации радионуклидов обеспечивает наличие необходимых данных для оценки опасности ингаляции и для пересчета ДУВ1 и ДУВ2.
- (б) *отбор проб почвы* после окончания выброса или после прохождения облака; измерение концентрации радионуклидов обеспечивает наличие значений концентрации радионуклидов в выпадениях и необходимых данных для пересчета ДУВ4, ДУВ6 и ДУВ7.
- (в) *отбор проб загрязненных радионуклидами пищевых продуктов, воды и молока* после окончания выброса или прохождения облака; измерение концентрации радионуклидов обеспечивает наличие вводных данных для введения ограничения на потребление пищевых продуктов.

Действующие уровни вмешательства (ДУВ) определены в документе [3] и представлены в Приложении V.

* В этом отношении полезно стратегическое расположение автоматических мониторов с передачей данных в аварийный центр.

КВАЛИФИКАЦИЯ ПЕРСОНАЛА

В процессе аварийного реагирования важно использовать квалифицированный и опытный персонал, рутинно работающий с приборами мониторинга, методами отбора, подготовки и анализа проб.

Следует, однако, понимать, что персонал, проводящий рутинный мониторинг и отбор проб, также должен быть обучен проведению не рутинного и аварийного мониторинга и отбора проб, при котором могут ожидаться высокие показания приборов, может быть необходима большая осторожность в способах отбора проб, и могут потребоваться новые методы, такие как скрининг большого количества проб с использованием менее сложных методов.

Во время аварийной ситуации нежелательно использовать неопытный персонал и непробированные методы, поскольку это может привести к получению несоответствующей и/или полностью ошибочной технической информации, что может, в свою очередь, явиться причиной неправильных заключений или несоответствующего распределения дефицитных ресурсов со стороны принимающих решения. Поэтому важно, чтобы ключевой персонал в области мониторинга окружающей среды и источника был хорошо обучен и проходил регулярные учения в соответствии с назначенными функциями. Желательно наличие опыта работы по рутинному и не рутинному мониторингу, поскольку технический персонал, работающий в аварийной ситуации, должен быть квалифицирован в используемых методах проведения измерений и отбора проб. В качестве составной части обучения и готовности к реагированию должны быть подготовлены и периодически проводиться сравнительные проверки для тщательного тестирования возможностей групп к реагированию, проверки процедур отбора, измерения проб и других.

Может потребоваться тренировка технического персонала, квалифицированного в проведении измерений и отборе проб, по использованию сети связи в аварийной ситуации, например, приемо-передатчиков, картографической информации, спутниковой системы определения координат (GPS – global positioning system). В качестве альтернативы, персонал, выполняющий функции шофера, штурмана, радиста, может быть назначен в группы мониторинга и отбора проб, где они могут использовать свою квалификацию. Последний персонал может быть назначен из местного персонала аварийного реагирования или сил гражданской обороны, и должен проходить регулярные тренировки и учения для развития и поддержания своего мастерства.

Все группы, работающие в полевых условиях, могут оказаться в ситуации с высокими уровнями дозы внешнего облучения, опасностью ингаляционного поступления радионуклидов и проблемой загрязнения поверхностей. В связи с этим, группы должны быть хорошо обучены, соответствующим образом экипированы с предоставлением средств индивидуальной защиты и ознакомлены с рекомендациями по возвращению [3].

Ответственный за аварийное реагирование

Ответственный за аварийное реагирование [2] - это специалист, который будет осуществлять общее руководство во время аварийной ситуации, и нести основную ответственность за аварийное реагирование. Это может быть просто самый старший специалист из персонала объекта, где случилась авария, старший офицер полиции, или должностное лицо местного или правительственного уровня. Маловероятно назначение на эту должность специалиста в области радиации, поскольку радиационные аспекты являются только одним из факторов, вносящих вклад в развитие сценария аварии.

Ответственный за защиту населения

Ответственный за защиту населения [3] в случае аварий на реакторе - это должностное лицо, ответственное за определение необходимых защитных мероприятий на основании классификации аварии и результатов мониторинга окружающей среды, обычно имеет квалификацию профессионального медицинского физика. Он/она должен (должна) обладать знаниями по использованию ДУВ.

Специалист по мониторингу окружающей среды или Специалист-радиолог

Специалист по мониторингу окружающей среды [3] или Специалист-радиолог [2] - это, наиболее вероятно, профессиональный медицинский физик-эксплуатационник или специалист в области окружающей среды, обладающий знаниями и опытом в методах мониторинга окружающей среды и источника. Не обязательно, чтобы он/она был (была) высококвалифицированным специалистом в области специфических аналитических лабораторных методов. Он/она должен (должна) обладать знаниями по использованию ДУВ. Назначенный на эту должность должен быть обучен руководству работой групп мониторинга и отбора проб, реагированию на результаты, представляемые группами мониторинга в соответствии с их значимостью и передаче этой информации другим членам Организации оценки аварии.

Специалист по анализу проб

Специалист по анализу проб [3] - это специалист в области интерпретации данных мониторинга окружающей среды, наиболее вероятно это - медицинский физик в области окружающей среды или специалист по анализу проб на содержание радионуклидов. Он/она должен (должна) обладать знаниями по использованию ДУВ и знать, каким образом они получены и могут быть пересчитаны.

Группа разведки окружающей среды

Группы разведки окружающей среды должны состоять из технического персонала, обученного проведению измерений мощности дозы и загрязнению поверхности, и проходящего регулярные учения по сценариям аварийного реагирования.

Группа отбора проб воздуха

Группы отбора проб воздуха должны состоять из персонала, обученного проводить не только измерения мощности дозы и мониторинг радиоактивного загрязнения, но и отбор проб воздуха. Может также потребоваться обучение проведению оценки проб воздуха в полевых условиях перед помещением пробы в закрытый и маркированный контейнер с использованием портативных приборов. Члены группы отбора проб воздуха должны быть обучены таким специальным аналитическим методам, как гамма-спектрометрия, несмотря на то, что пробы воздуха будут переданы квалифицированным в применении указанного метода специалистам для проведения более точного анализа радионуклидов (Группы изотопного анализа).

Группа спектрометрии in-situ

Группа спектрометрии in-situ - это группа специалистов, обученных использованию гамма-спектрометров в полевых условиях. Члены группы могут быть выбраны из специалистов лабораторий окружающей среды или геологической разведки, квалифицированных в проведении радиометрической оценки поверхности Земли. Члены группы также могут быть обучены методам и процедурам воздушной разведки (аэросъемки).

Группа индивидуального мониторинга и дезактивации

Члены группы индивидуального мониторинга и дезактивации должны быть обучены использованию радиометров загрязнения поверхностей для оценки

радиоактивного загрязнения кожи и одежды, загрязнения объектов, поверхностей, приборов и транспортных средств для предотвращения распространения радиоактивности и мониторинга эффективности дезактивации людей и поверхностей. Может также понадобиться обучение членов группы методам осторожного раздевания пострадавших, методам индивидуальной дезактивации и дезактивации поверхностей, а также измерениям мощности дозы над щитовидной железой (скрининг). Все члены группы должны проходить регулярное обучение с целью повторного ознакомления с указанными методами.

Группа отбора проб окружающей среды и пищевых продуктов

Члены группы отбора проб окружающей среды и пищевых продуктов должны иметь опыт в отборе проб окружающей среды или быть хорошо проинструктированными по процедурам правильного отбора конкретных видов требуемых проб. Члены группы не должны быть специалистами по анализу проб. Группы отбора проб окружающей среды и пищевых продуктов, работающие в зонах с высокими уровнями мощности дозы или на территориях с высокими уровнями радиоактивного загрязнения, должны иметь опыт использования методов радиационной оценки для мониторинга собственной безопасности, а также эффективного и быстрого представления по запросу полевых радиационных данных.

Группа изотопного анализа

Группы изотопного анализа состоят из специалистов, хорошо тренированных в вопросах подготовки проб, гамма-спектрометрии и других методов определения радионуклидов. Члены группы должны быть заняты рутинным проведением указанных анализов с использованием хорошо калиброванных приборов, признанных и утвержденных аналитических методов. Такие специалисты могут быть найдены в университетах, государственных аналитических, исследовательских и промышленных лабораториях. Для планирующих аварийное реагирование важно знать, какие ресурсы персонала и оборудования имеются в наличии в различных организациях. В рамках готовности к реагированию следует предоставить в организации экземпляры видов проб, анализ которых может потребоваться, и обучить указанный персонал работать в аварийных условиях, когда может потребоваться проведение быстрого анализа большого количества проб и срочного представления результатов измерений.

ПРИБОРНОЕ ОСНАЩЕНИЕ

Приборы, используемые для проведения радиационного мониторинга, можно подразделить на следующие группы: стационарные, переносные, портативные, индивидуальные и лабораторные. Стационарные, переносные и портативные приборы, в свою очередь, подразделяются на приборы для проведения радиационного мониторинга и мониторинга радиоактивного загрязнения. Описанная классификация представлена на Рисунке 4.

Приборы радиационного мониторинга

С помощью приборов радиационного мониторинга можно измерить мощность дозы и/или дозу. Дозиметры, измеряющие мощность дозы бета- и гамма-излучения, обычно калиброваны по источнику гамма-излучения и некоторые из них могут завышать значения мощности дозы бета-излучения. Приборы для измерения мощности дозы бета- и гамма-излучения, обычно имеют окно, позволяющее бета-излучению попасть на детектор. Прибор с открытым окном измеряет бета- и гамма-излучение, с закрытым окном - только гамма-излучение. Такие приборы могут характеризоваться наличием или отсутствием достаточной прочности для проведения полевых измерений. Следует проявлять

осторожность во избежание повреждения окна. Более прочны дозиметры для измерения мощности дозы гамма-излучения, в которых отсутствует тонкостенное окно, однако они не позволяют измерить мощность дозы бета-излучения, гамма-излучения низкой энергии и рентгеновского излучения. Дозиметры для измерения мощности дозы бета- и гамма-излучения можно разделить на приборы, регистрирующие дозы в низком или фоновом диапазоне, среднем и высоком диапазонах.

| | |
|---------------------------|--|
| Низкий (фоновый) диапазон | 0.05 $\mu\text{Зв/ч}$ - 100 $\mu\text{Зв/ч}$ |
| Средний диапазон | 10 $\mu\text{Зв/ч}$ - 10 мЗв/ч |
| Высокий диапазон | 1 мЗв/ч - 10 Зв/ч |

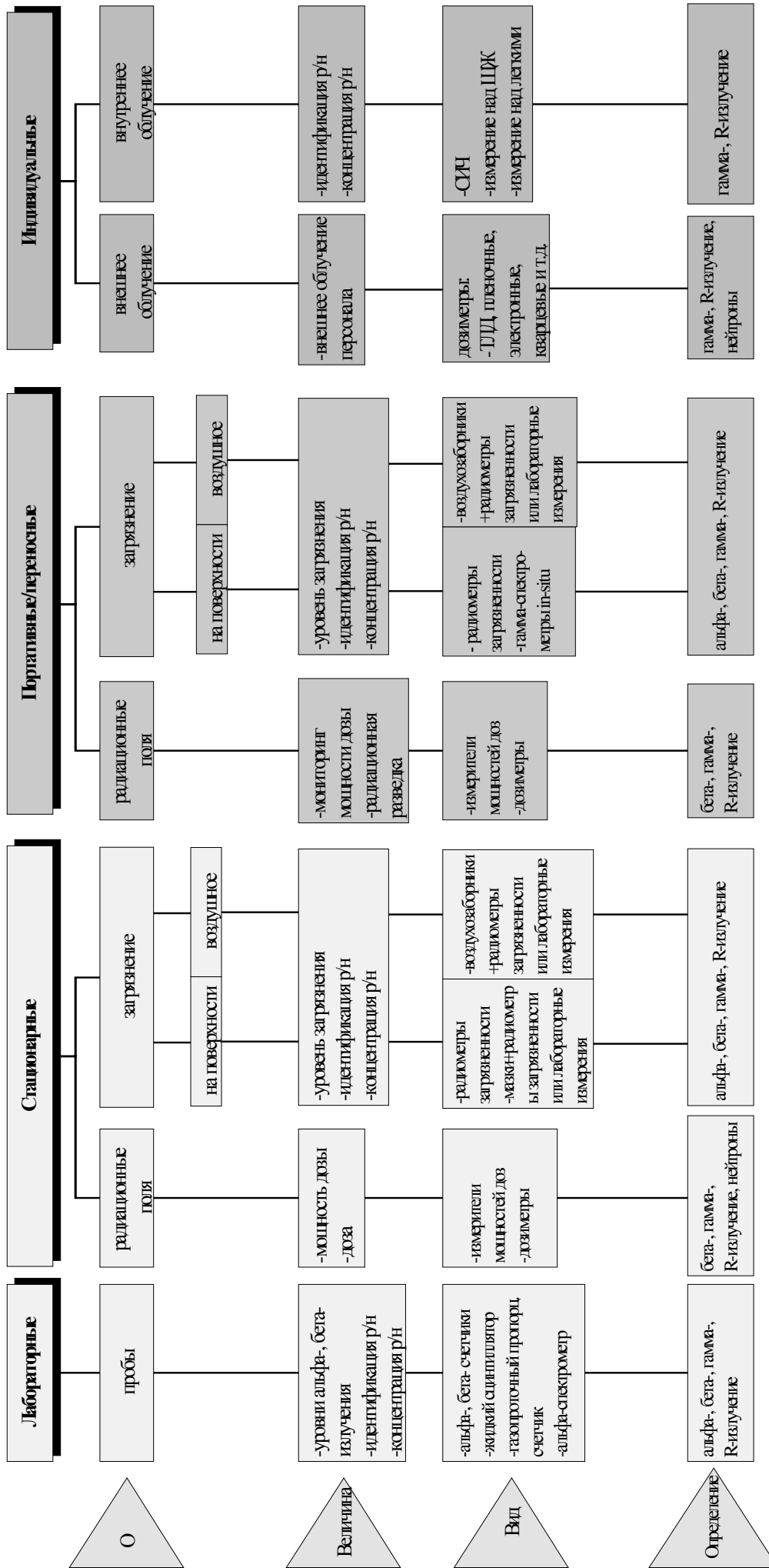
Приборы, регистрирующие дозы в высоком диапазоне, часто снабжены удлинительной штангой для увеличения расстояния между оператором и источником. На этапе планирования ответных действия на радиационные аварии важно иметь в наличии приборы, которые позволят проводить дозиметрию в диапазоне доз, которые могут возникнуть при аварийной ситуации. В случае аварии при транспортировке может оказаться достаточным наличие только приборов низкого и среднего диапазона. При серьезных авариях с вовлечением источника высокой активности дополнительно необходимы приборы среднего и высокого диапазонов. Для портативных приборов желательно также наличие звукового индикатора. В случае возможного проведения измерений при сильном шуме (транспорт или работа машинного оборудования), полезны наушники, которые помогут оператору определить участки максимальных уровней мощности дозы. Стационарные дозиметры для измерения мощности дозы, как правило, имеют набор визуальных и звуковых индикаторов, могут иметь возможность передавать численные значения и сигналы тревоги на центральный контрольный пункт мониторинга.

Портативные приборы могут быть с цифровыми или аналоговыми шкалами. Следует быть внимательным при работе с приборами, имеющими цифровые выходы и автоматическое преобразование результатов из микрозивертов в час в миллизиверты в час. Шкала должна быть четко читаема на ярком солнце, при сильном дожде, а также иметь подсветку для работы в темное время. Время установки показаний должно быть таковым, чтобы позволить оператору считать результаты без чрезмерной задержки вследствие ожидания прекращения колебания значений вокруг определенной цифры. Аналоговые шкалы могут быть логарифмическими, квази-логарифмическими или линейными. Следует заранее подготовить оператора к работе с логарифмической шкалой, чтобы обеспечить правильное считывание результатов. Приборы с линейной шкалой часто имеют переключатель диапазона, чаще всего, $\times 1$, $\times 10$, $\times 100$. Такие приборы следует откалибровать для работы на двух третях ($2/3$) полной шкалы на каждом диапазоне. Некоторые приборы могут иметь несколько детекторов: один для измерений в среднем диапазоне, второй - в высоком диапазоне. Такие приборы должны быть откалиброваны по обоим детекторам.

Дозиметры нейтронного излучения относятся к специальным приборам, обычно имеющимся только на ядерных объектах, где требуются рутинные измерения мощности дозы нейтронного излучения. Такие дозиметры обычно калибруются в единицах эквивалентной дозы, громоздки, поскольку содержат замедлитель нейтронов, необходимый для замедления потока нейтронов на пути к детектору. При использовании большинства имеющихся в наличии приборов следует использовать поправочные коэффициенты, учитывающие различных спектры нейтронов.

РИСУНОК 4

ПРИБОРЫ, ИСПОЛЗУЕМЫЕ ДЛЯ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА



Измерители радиоактивности (радиометры)

Измерители радиоактивности (радиометры) делятся на радиометры загрязнения поверхностей и радиометры загрязнения воздуха. Радиометры загрязнения поверхностей обычно называют измерителями радиоактивности (радиометрами). Стационарные приборы, такие как радиометры поверхностного загрязнения кожных покровов и одежды, располагаются на границе загрязненной контролируемой территории. В случае аварии могут быть установлены временные зоны контроля загрязнения, при выезде из которых весь персонал, транспорт и оборудование проверяются на радиоактивное загрязнение. Портативные приборы мониторинга радиоактивного загрязнения используются для контроля поверхностного загрязнения, явившегося следствием утечки радиоактивности из твердого или жидкого источника, распространения радиоактивности при перемещении открытого источника, попадания радиоактивного материала в воздух. Эти приборы также используются для мониторинга загрязнения поверхности кожи и одежды людей, инструментальных средств, полов, стен, машин и т.д.

Важным является выбор радиометров радиоактивного загрязнения поверхностей, наиболее соответствующих виду и энергии измеряемого излучения (альфа-, бета- или гамма-). Регистрация альфа-излучения осуществляется сцинтилляционным детектором с сернистым цинком. Фотоэлектронный умножитель преобразует световые вспышки сцинтиллятора в электрические импульсы, которые поступают на измерительный пульт, где стрелка прибора непосредственно показывает результат измерения в импульсах в секунду (имп/сек) или импульсах в минуту (имп/мин). В качестве детекторов могут также использоваться кремниевые полупроводниковые детекторы и тонкостенные счетчики Гейгера-Мюллера. Поскольку альфа-частицы имеют небольшую длину пробега в воздухе, измерения загрязнения альфа-частицами важно проводить вблизи поверхности без непосредственного контакта с ней (для избежания загрязнения прибора) и предотвращения повреждения тонкостенного окна детектора. Представляет сложность мониторинг альфа-загрязнения влажной поверхности, вследствие экранирования излучения водой. Если поверхность не является гладкой и абсорбирующей, как, например, поверхность машины или стола, результаты непосредственного мониторинга альфа-излучения могут явиться лишь индикатором наличия альфа-активности и могут ее грубо недооценивать.

Наиболее общепринятые виды приборов мониторинга бета- и гамма-излучения используют в качестве детектора счетчик Гейгера-Мюллера. Такие детекторы обычно являются прочными и дают хорошее усиление сигнала, однако не позволяют отличить гамма-излучения различных энергий. Для мониторинга загрязнения бета- и гамма-излучателями также используют сцинтилляционные детекторы с фосфатным стеклом и твердыми кристаллами (например, NaI). Для измерения бета- и гамма-излучения низких энергий необходимы детекторы с тонкостенными окнами. Для замедления бета-частиц высоких энергий могут понадобиться более прочные приборы с окнами большей толщины. Такие приборы имеют обычно насадку или заслонку на конце, которая в открытом состоянии позволяет измерять бета- и гамма-излучения, а в закрытом - только гамма-излучение. Некоторые приборы имеют в комплекте сменные блоки детектирования. Важно правильно отрегулировать напряжение и градуировку для каждого блока. Радиометры могут иметь цифровую или аналоговую шкалы. Замечания, сделанные ранее относительно цифровых и аналоговых шкал дозиметров, применимы и в данном разделе. Существенным дополнением к комплекту радиометра является звуковой индикатор, который позволяет оператору концентрировать внимание на определении местоположения источника, а не следить постоянно за показаниями шкалы. Показания шкалы оцениваются в сочетании со звуковым индикатором. Можно использовать наушники, которые дадут возможность оператору четко слышать

звуковой индикатор при работе в условиях окружающего шума или для создания тишины, что позволит избежать ненужного беспокойства. Важно, чтобы выбранный радиометр поверхностного загрязнения был калиброван соответствующим образом на определение радионуклидов в геометрии образца, отражающей условия проведения измерений.*

Также в наличии имеются радиометры, позволяющие определить поверхностное загрязнение только гамма-излучателями, использующие в качестве детекторов сцинтилляционные счетчики, пропорциональные счетчики, ионизационные камеры и счетчики Гейгера-Мюллера. При выборе наиболее подходящего прибора для проведения полевых измерений в условиях аварийной ситуации наибольшее внимание следует уделить прочности прибора, использованию имеющихся в наличии батарей, которые могут быть легко заменены в полевых условиях, и простоте использования прибора.

Существует большое количество сложных приборов мониторинга загрязнения поверхностей. Такие приборы должны использоваться только обученными операторами. Для общих целей предпочтительнее использование менее сложных приборов.

Воздухозаборник

Воздухозаборник состоит из насоса, прокачивающего воздух с известной или установленной скоростью потока в течение отведенного времени через соответствующий фильтр. Затем производится анализ осажденной на фильтре активности в Бк или кБк, которая затем пересчитывается в Бк/м³ или кБк/м³ с учетом объема пропущенного через фильтр воздуха. На ядерных объектах, где необходимо проведение рутинного контроля степени радиоактивного загрязнения воздуха, установлены стационарные воздухозаборники, оснащенные визуальными и звуковыми индикаторами, подающими сигналы тревоги в случае ненормального повышения уровней загрязнения. Стационарные воздухозаборники также могут располагаться на открытой местности в точках контроля для определения степени загрязнения воздуха в этих точках. Переносные воздухозаборники, такие как воздухозаборники большого объема, работающие от портативных электрических генераторов, могут быть помещены в интересующую точку контроля. Портативные воздухозаборники, работающие от напряжения 12 В, полезны для отбора проб в полевых условиях. В этих случаях воздухозаборник может быть подсоединен к аккумулятору напрямую через клеммы, либо опосредованно через прикуриватель машины. Однако, транспортное средство, которое планируется к работе в полевых условиях с портативным воздухозаборником, следует заранее оборудовать по возможности внешней розеткой. Портативные воздухозаборники работают со скоростью потока воздуха десятки литров в минуту. Для ограничения скорости потока воздуха на заданном уровне может использоваться либо критическая насадка, либо встроенный в воздухозаборник расходомер с регулируемой скоростью потока. Кроме этого, скорость потока воздуха в воздухозаборнике может быть заранее откалибрована. Необходимо предпринять меры предосторожности на случай, если на фильтр будут попадать крупные частицы пыли, которые могут уменьшить скорость потока воздуха. В таких случаях следует проверять расходомер скорости потока воздуха до и после отбора пробы, и использовать среднее значение для оценки концентрации.

Тип используемых фильтров зависит от загрязнителя, который необходимо измерить. Угольные фильтры используют для проведения измерения радиойода,

* Абсорбция радионуклидов одеждой может, например, привести к недооценке в пределах фактора 100.

бумажные или стекловолоконные фильтры - для крупных бета- и гамма- частиц, водяные фильтры - для тритиевой воды/пара.

Гамма-спектрометры in-situ

Гамма-спектрометрия in-situ (Раздел Г) является методом быстрой оценки загрязнения поверхностей гамма-излучающими радионуклидами. Результаты измерений методом гамма-спектрометрии in-situ характеризуются неопределенностью вследствие многих причин, особенно вследствие различия между реальным распределением измеряемого источника и принятого распределения для расчета поправочных коэффициентов. Должны быть учтены характеристики местности в точке измерения (открытая, ровная, плоская поверхность, на которой не проводилось сельскохозяйственной или другой деятельности, которая бы могла разрушить вертикальное распределение радионуклидов в профиле почвы после того, как произошли выпадения; было бы идеально, если бы она была отдалена от объектов, которые могли бы помешать измерениям). Следует поместить детектор в определенное положение (1 метр над поверхностью земли в положении головки детектора вниз).

В аварийной ситуации пересчет интенсивности линии спектра в значение поверхностного загрязнения обычно проводят, используя допущение, что радионуклиды равномерно распределены по поверхности земли. В зависимости от некоторых условий (сухие или влажные выпадения, время, прошедшее после аварии, физико-химические характеристики почвы, неровности поверхности и т.д.) данное допущение может привести к недооценке общей активности радионуклидов, первоначально выпавших на единицу площади поверхности. Однако это различие, скорее всего не превысит фактора 2 при условии, что измерения проведены в течение ранней или промежуточной фаз послеварийного периода (то есть, вскоре после выпадений) [6].

Использование гамма-спектрометрии in-situ при повышении уровней загрязнения поверхности становится более и более трудным вследствие высокой чувствительности детекторов с NaI(Tl) и Ge. На результаты анализов могут влиять мертвое время счетчика, искажения формы пика спектра. Стандартный германиевый детектор с относительной эффективностью 20 - 30 % начинает давать отклонения от нормальной работы при загрязнении поверхности ^{137}Cs выше 1 МБк/м^2 [7,8]. Для увеличения на порядки диапазона применимости спектрометра можно снизить чувствительность детектора путем его экранирования, либо использовать другой детектор меньшей эффективности.

Выбор типа детектора зависит от некоторых условий и обстоятельств. Германиевый детектор имеет преимущества высокого разрешения, которое позволяет более конкретно установить отдельные радионуклиды и, как следствие этого, более аккуратно определить активность каждого радионуклида, присутствующего в пробе. Однако некоторые характеристики германиевого детектора (непрочная конструкция, неустойчивость к повреждению, необходимость охлаждения до очень низких температур, чаще всего с использованием жидкого азота) ограничивают сферу его использования. С другой стороны, простой, надежный, прочный сцинтилляционный детектор с NaI(Tl) имеет преимущество противостояния повреждающим факторам окружающей среды, однако пользователь должен помнить об ограниченной разрешающей способности данного типа детектора*.

* При использовании спектрометров или других детекторов в условиях низкой температуры окружающей среды (значительно ниже 0°C) следует соблюдать осторожность: детекторы с NaI(Tl) могут ломаться, может остановиться работа портативных компьютеров и т.п. В таких условиях желательно использование прочных (военных) моделей приборов.

Выбор детектора также зависит от вида аварии. Например, загрязнение окружающей среды одним или несколькими гамма-излучателями (^{131}I или ^{137}Cs) может быть легко определено с помощью детектора с NaI(Tl) , в то время как для идентификации радионуклидов в смеси потребуется проведение спектрометрии с использованием Ge детектора.

Индивидуальные дозиметры

При необходимости входа в зоны высоких уровней доз, аварийный персонал должен быть оснащен индивидуальными дозиметрами. Тип имеющихся в наличии индивидуальных дозиметров зависит от местной службы дозиметрии. Они могут быть термолюминесцентными (ТЛД) в виде пластинок или таблеток, фотопленочными или стеклофосфатными. Для того чтобы считать показания и оценить дозу облучения по показаниям вышеуказанных дозиметров, они должны быть возвращены в службу дозиметрии. В аварийных ситуациях в дополнение к этим дозиметрам часто желательно иметь прямопоказывающие дозиметры. Преимуществом прямопоказывающих дозиметров является то, что владелец может сказать, какую дозу он/она получил(а) к определенному времени или во время проведения определенных действий. Дозиметры на кварцевых волокнах - обычно используемые, относительно недорогие прямопоказывающие дозиметры. Электронные прямопоказывающие индивидуальные дозиметры так же, как правило, являются доступными и имеют преимущество в том, что в дополнение к визуальному выходу они оснащены зуммером, который подает звуковой сигнал на каждое приращение получаемой дозы, а также может подавать сигнал тревоги при достижении определенного заранее уровня. Увеличение частоты звуковых сигналов немедленно предупреждает владельца об изменении мощности амбиентной дозы вблизи него/нее. В случае невозможности использования прямопоказывающих дозиметров группами аварийного мониторинга, оценку уровней доз облучения членов группы можно проводить, используя величины мощности дозы на определенной территории и время пребывания на этой территории. Некоторые виды дозиметров, измеряющих мощность дозы, могут также иметь возможность измерения интегрированной дозы.

Бета-счетчики

Бета-счетчики со свинцовым домиком полезно использовать в мобильных и стационарных лабораториях для суммарного счета бета- и гамма-излучающих нуклидов и быстрого скрининга большого количества проб. В таких счетчиках используются детекторы типа тонкостенных торцевых трубок Гейгера. Скорость счета отображается на пересчетном устройстве, которое должно быть более прочным на приборах, перемещаемых с места на место по сравнению с используемыми в лабораторных условиях.

Другое специализированное аналитическое оборудование

Другое специализированное оборудование, используемое в лабораториях, такое как альфа-спектрометры, жидкостные сцинтилляционные счетчики и газопоточные пропорциональные счетчики, обсуждается в Разделе Д. Гамма-спектрометрия в лабораторных условиях подробно описана в Разделе Г.

Отбор проб

При отборе проб окружающей среды важно отобрать репрезентативные пробы, анализ которых позволил бы точно и быстро определить уровень и степень радиоактивного загрязнения земли, воды, пищевых продуктов, растений и т.д. Методы отбора проб, используемые различными группами, должны быть согласованными.

Пробы следует отбирать в местах, которые являются репрезентативными для территории и радиоактивное загрязнение которых наиболее вероятно: на вершине холмов, где выпал дождь, на равнине. Не следует проводить отбор в наиболее доступных местах, например, вдоль дорог, на обрыве, в канаве, под деревьями и т.д. Полезно иметь четырехколесное транспортное средство, что обеспечит доступ к территории. Все пробы следует отобрать и поместить в соответствующую емкость, которая позволяет сохранять пробы в разных условиях (если это необходимо). Пробы должны быть маркированы с указанием природы образца, места, даты и времени отбора, обозначением группы отбора проб.

Анализ проб может быть проведен в полевых условиях с использованием портативных / переносных приборов и/или в мобильной лаборатории, либо в специализированной лаборатории, куда пробы направляются для подготовки и последующего анализа радионуклидов.

В случае необходимости анализа большого количества проб и быстрого получения результатов может потребоваться замена стандартных аналитических процедур методами быстрой оценки. Могут быть применены методы скрининга проб, при которых не проводится анализ проб с содержанием радионуклидов ниже определенного уровня, поскольку это не имеет принципиального значения для решения вопроса о проведении защитных мероприятий. Анализ проб с содержанием радионуклидов выше определенного скринингового уровня может быть необходимо продолжить для получения более точной информации. Рекомендуется заранее согласовать протоколы отбора проб между всеми организациями, которые могут проводить измерения окружающей среды в случае аварийной ситуации. Детальная техника отбора проб приведена в Разделе Б, стратегия отбора проб и общее описание методов отбора – в Приложении VI.

МОБИЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРИИ

Оснащенные соответствующим образом мобильные радиологические лаборатории могут быть полезны в случае, когда надо провести быстрые анализы на месте или вблизи места аварии. Транспортные средства мобильных лабораторий варьируют от фургона или грузового автомобиля до прицепа, грузового автомобиля с прицепом или даже железнодорожного вагона. Общее оборудование, помещаемое обычно в такие лаборатории, включает гамма-спектрометры, альфа-/бета- счетчики, жидкостные сцинтилляционные счетчики и другие приборы для детектирования радиоактивности.

Особенности использования мобильной лаборатории зависят от специфики ситуации, они используются для достижения различных целей, например, для проведения быстрых анализов в случае аварии на атомной электростанции. Мобильные лаборатории могут быть также оснащены таким образом, чтобы обеспечить проведение анализов для рутинных исследований окружающей среды, в случае аварий с потерей источника, с вовлечением неизвестного источника, при транспортировке, с ядерным оружием, ситуаций, связанных с ядерным терроризмом. При тщательном планировании мобильные лаборатории могут выполнять свои функции во время всех вышеуказанных ситуаций.

Наиболее важной причиной использования мобильной лаборатории является возможность проведения быстрых анализов в полевых условиях, в связи с этим и в соответствии с определением, желательно обеспечить в лаборатории быстрой пропускной способности. Для обеспечения эффективной работы лаборатория должна

находиться на хорошем техническом обслуживании и быть доступной для немедленного использования в случае аварийной ситуации. Фургон или грузовой автомобиль имеют потенциальные проблемы с двигателем, что может затруднить немедленные действия лаборатории. Мобильные лаборатории, размещенные на прицепах, имеют преимущество, поскольку, если ломается один тягач, второй будет оставаться в работе. Мобильные лаборатории могут быть также сконструированы таким образом, чтобы их можно было загрузить в военный грузовой самолет с целью быстрого развертывания. Масса и высота являются важными характеристиками для загрузки в военный самолет, состояние дорог в стране может диктовать требования к установлению более прочных подвесок, чем на обычных машинах. Важно, чтобы оборудование в мобильной лаборатории прибывало к месту назначения в хорошем состоянии. Мобильная лаборатория должна иметь автономный блок питания, чтобы не зависеть от состояния электрического питания на месте аварии.

Выбор оборудования для мобильной лаборатории является критическим вопросом для обеспечения быстрой пропускной способности. Рекомендуется установка одной внутренней системы гамма-спектрометрии с германиевым детектором, соответствующим компьютером и компьютерными программами. Размер и конструкция свинцового домика должны позволять проведение анализа проб, превышающих обычные, поскольку в аварийной ситуации может потребоваться проведение скрининга в условиях неполной калибровки. Наличие второго гамма-спектрометра является преимуществом в случае неисправности первого или для повышения пропускной способности. Свинцовые домики должны быть надежно закреплены в конструкции мобильной лаборатории с учетом возможности плохих дорог, быстрых торможений, небольших аварий, при которых не должно происходить их смещение и сдвигание. Система гамма-спектрометрии должна обеспечивать быстрый анализ многих видов проб, от растений в больших пластиковых мешках до небольших воздушных фильтров на планшетах. Целесообразно планировать измерения проб различной геометрии на разной высоте. В лаборатории должен иметься запас жидкого азота хотя бы на одну неделю.

Следующий прибор, который обычно используется в мобильной лаборатории - это альфа-/бета- счетчик. Для использования в указанных целях относительно легко модифицировать газопроточный пропорциональный счетчик, используемый в стационарной лаборатории. Так же, как и для гамма-спектрометра, важен тщательный крепеж прибора в мобильной лаборатории. Возможности альфа-/бета- счетчика некоторым образом ограничены, поэтому его использование в основном ограничивается измерениями воздушных фильтров, сухих и влажных мазков, высушенных из проб воды остатков. Такие приборы могут оказаться очень полезными при определенных видах аварий. Ниже приводится обсуждение их использования вместе с системой гамма-спектроскопии. В лаборатории должен иметься запас газа для счетчика хотя бы на одну неделю.

Мобильные лаборатории также могут быть оснащены жидкостными сцинтилляционными счетчиками. С помощью этих приборов можно провести анализы трития, углерода-14 и других низкоэнергетических бета-излучателей. Многие из новейших приборов можно легко конфигурировать для альфа-/бета- счета, счета Черенкова, счета гамма-излучателей. Важен крепеж системы в лаборатории, что связано с ее весом. Некоторые производители адаптируют жидкостные сцинтилляционные счетчики к использованию в мобильных лабораториях, другие – нет. Зачастую полезно иметь в наличии жидкостной сцинтилляционный счетчик (ЖСС) с автоматической сменой образцов, но и маленький ЖСС для измерения одной пробы также полезен. В мобильные лаборатории можно также поместить и другие

специализированные детекторы, такие как детекторы с NaI, тонкостенные гамма-детекторы для измерения гамма-излучения низкой энергии, тонкостенные NaI (TI) детекторы с бериллиевыми окнами, торцевые детекторы Гейгера-Мюллера, счетчики мазков.

Не рекомендуется размещение в мобильной лаборатории альфа-счетчиков, поскольку подготовка пробы для альфа-спектрометрии занимает слишком много времени для быстрых полевых анализов в аварийной ситуации.

Проведение анализов

В случае аварии с неизвестным источником, суммарные альфа-/бета- счетчики могут быть использованы для помощи в ситуации, когда следует измерить радионуклиды, отличные от гамма-излучателей или не входящие в диапазон обнаружения системы гамма-спектрометрии. В качестве примера рассмотрим аварию, при которой ожидается обнаружение одного радионуклида, например, ^{241}Am . Многие гамма-спектрометры могут определить гамма-излучение от ^{241}Am , другие - не могут. В этой ситуации является важным наличие альфа/бета счетчика. Также в случае, если зарегистрирован высокий счет бета-частиц, и отсутствует объяснение этому за счет гамма-счета, можно предположить, что данный факт является итогом присутствия в аварийной ситуации чистого бета-излучателя, например, ^{90}Sr . Если зарегистрирован высокий счет альфа- частиц, и отсутствует объяснение этому за счет гамма-счета, можно предположить, что данный факт является итогом присутствия в аварийной ситуации плутония или ^{210}Po . Дело в том, что при аварии с неизвестным источником альфа/бета счетчики могут помочь опытному медицинскому физика определить присутствие конкретного радионуклида, исключая проведение детальных и требующих затрат времени радиохимических анализов.

В ситуациях с другими гамма-излучающими радионуклидами существенно уменьшить нагрузку на гамма-спектрометр после определения соотношения между бета-излучающими гамма-радионуклидами можно путем проведения суммарного альфа-/бета- анализа, особенно воздушных фильтров и мазков.

Как уже указывалось, гамма-спектрометры должны быть оснащены домиками (защитой), размер которых позволял бы проводить измерения нестандартных проб. Вначале может оказаться необходимым проводить измерения только небольших проб, поскольку должны отбираться пробы высокой концентрации и, поэтому, для уменьшения мертвого времени требуются небольшие пробы. В некоторых случаях, отправка проб высокой активности назад для подготовки пробы (если окажется длительное мертвое время) может привести к потере драгоценного времени. Большие домики позволяют использовать систему выступов; предварительная калибровка различных геометрий для разных выступов сохранит время. Позднее могут измеряться такие пробы, как мешки с растениями. При принятии решения о запрете продажи овощей или фруктов, прежде всего, обращают внимание на превышение действующих уровней вмешательства. Чрезвычайно важно обеспечить защиту домика и детектора во время счета от перекрестного загрязнения. Во многих лабораториях оборачивают детектор и выстилают внутреннюю поверхность домика сменяемой пластиковой пленкой. Это позволяет быстро провести дезактивацию и оставить незагрязненным детектор и домик при возникновении утечки или загрязнении наружной поверхности домика.

Так как персонал лаборатории имеет опыт анализа проб окружающей среды в течение фиксированного времени, для измерений в аварийных условиях следует использовать другой подход. Многие системы детектирования, гамма-спектрометры,

альфа-/бета- счетчики, жидкостные сцинтилляционные счетчики могут использовать “отбраковку проб с низкой скоростью счета” или “ограничение счета для проб с высокой скоростью счета” что не используется при рутинном анализе проб. Отбраковка проб с низкой скоростью счета означает, что если скорость счета пробы низка (ниже счета, запрограммированного в системе), принимается решение завершить или ограничить счет данной пробы. Скорость счета может быть пересчитана обратным путем от значения действующего уровня вмешательства. Допустим, например, что в аварийной ситуации 1500 Бк/л будет являться действующим уровнем вмешательства. Аналитик может запрограммировать сортировку низкой скорости счета таким образом, чтобы проводить отбор любой пробы, счет которой не равен, например, 1000 Бк/л, при этом он может скорректировать задачу на имп/сек, имп/мин, площадь пика, поскольку пробы с низкой активностью или вообще чистые могут вначале иметь небольшое значение для ситуации. Программа сканирует интересующий пик или энергетическое окно, и если не достигается установленный уровень вследствие недостаточной скорости счета, счет прекращается. На раннем этапе аварийной ситуации принимающий решения может быть удовлетворен ответом <1000 Бк/л в качестве предела детектирования. Аналогичный путь быстрого проведения анализов может быть проделан, используя ДУВ для определения скорости счета, что, возможно, будет очень грубым подходом. Значимые пробы могут быть пересчитаны при наличии большего времени, либо отправлены в стационарную лабораторию на анализ.

И наоборот, ограничение счета для проб с высокой скоростью счета дает возможность системе детектирования самостоятельно останавливать счет при достижении хорошей статистики до окончания времени счета. Например, проба высокой активности может выдать хорошую статистику при анализе в течение 5 минут, вместо запрограммированного аналитиком 20-минутного анализа. Остановка счета может сохранить время для счета других проб и повысить пропускную способность лаборатории. Если результаты анализа считаются вручную, следует зарегистрировать действительное время проведения счета вместе с данными о счете пробы, в противном случае активность пробы будет рассчитана неверно.

Возможности для подготовки проб

Не рекомендуется проводить подготовку проб в мобильной лаборатории. Лаборатория также должна быть защищена от высокой фоновой активности. Следует организовать подготовку проб в другом транспортном средстве или в любом подходящем помещении на месте. Это позволит предотвратить загрязнение мобильной лаборатории радиоактивным материалом, и исключит влияние потенциальных источников радиоактивности и высокоактивных источников на фон прибора. Наиболее важной характеристикой помещения для подготовки проб является достаточная площадь, поскольку надо будет разместить, открыть, обработать и подготовить к измерениям большое количество проб. В случае если специально для подготовки проб используются трейлеры, они оборудуются небольшими вытяжными шкафами для радиохимических анализов. Другие мобильные лаборатории могут быть оснащены перчаточными боксами со специальным оборудованием для обращения с пробами (это особенно важно при обращении с пробами, загрязненными плутонием).

Во время аварийной ситуации используются простые методы подготовки проб. Сложные радиохимические методы занимают слишком много времени и требуют много приспособлений. Для проведения гамма-спектрометрии пробы помещают в простые сосуды, которых должно быть запасено большое количество. Сосуды Маринелли полезны для точного анализа на фоновых уровнях, однако, в аварийной ситуации их использование и расходы по замене сомнительны. Другие общеупотребимые стеклянные или пластиковые сосуды (контейнеры) будут хорошо

калиброваны и обеспечат пригодные результаты измерений. Пробы мазков для альфа-/бета- счета могут быстро помещаться в счетные планшеты, где достаточно места для обращения с ними. Пробы могут быть декантированы во флаконы для жидкостного сцинтиллятора, куда будет добавлен коктейль для сцинтилляции в более безопасном месте за пределами мобильной лаборатории. Всегда целесообразно предпринять следующие меры по обеспечению радиационной защиты лаборатории подготовки проб: использовать абсорбирующую бумагу на верхней поверхности счетчика, иметь в наличии большой запас приборов и инструментов для обращения с пробами, особенно, с пробами почвы. Очень полезно иметь в наличии столовые ложки из нержавеющей стали и промышленные приборы для измельчения, которые можно относительно легко дезактивировать.

Важным аспектом является расположение мобильной лаборатории относительно лаборатории подготовки проб и пункта контроля проб (место, где проводят первичный прием проб перед началом их подготовки к измерениям). Мобильная лаборатория должна отстоять от лаборатории подготовки проб и пункта контроля проб на значительном расстоянии для уменьшения соприкосновения с пробами высокой активности.

ВОЗДУШНАЯ РАЗВЕДКА

Разведка загрязнения земли

Радиоактивное загрязнение земли можно определить с помощью лабораторных измерений проб почвы, используя метод гамма-спектрометрии *in situ*, или с помощью проведения спектрометрии с воздуха. Проведение разведки путем отбора и измерения проб почвы занимает много времени, поскольку необходимо отобрать и проанализировать большое количество проб для того, чтобы получить представительные данные обо всей исследуемой территории. Проведение разведки больших территорий с использованием гамма-спектрометрии *in situ* занимает меньше времени, но все равно требует значительных временных затрат. Проведение спектрометрии с воздуха может рассматриваться как наиболее подходящий метод для проведения быстрой радиационной разведки протяженных территорий. Для такой разведки наиболее приемлемы высокочистые германиевые детекторы (HPGe), однако в некоторых случаях могут использоваться и детекторы NaI(Tl).

Системы измерений с воздуха, обычно используемые для разведки урана, оборудованы NaI(Tl)-сцинтилляционным детектором большого объема от 16 до 50 л. Указанные детекторы могут также использоваться для проведения радиационной разведки с воздуха, особенно если территория загрязнена только несколькими гамма-излучающими радионуклидами. Оценка измеренных спектров и определение концентрации радионуклидов на земле может быть проведена в соответствии с процедурами, используемыми при урановой разведке.

Гамма-спектрометрия с воздуха характеризуется многими неопределенностями, которые связаны с различиями измеряемого распределения радионуклидов в почве и распределения, использованного для расчета поправочных коэффициентов. Различия, в свою очередь, связаны с типом местности (леса, застройка и т.д.), а также возможными неизвестными факторами. Следует знать ответ детектора как функцию энергии фотонов и угла падения (включая возможное экранирование самим вертолетом). Поэтому необходимо откалибровать детектор на проведение гамма-спектрометрии с воздуха заранее, до проведения измерений.

Во время полета в загрязненном радионуклидами воздухе следует проявлять особую осторожность для избежания загрязнения оборудования и облучения команды. Концентрации радионуклидов в воздухе должны быть малыми или не принимаемыми в расчет. Если ожидается, что полет будет проходить в загрязненном воздухе, может потребоваться дезактивация, а результаты измерений могут потребовать дополнительного подтверждения и/или верификации.

Для быстрого определения радиоактивного загрязнения территории и ее картирования необязательно проведение отбора проб. Однако, если в наличии имеется больше времени, отбор проб является полезным для перекрестной калибровки результатов воздушной разведки.

Поиск радиоактивных источников

Поиск радиоактивного источника (источников) может проводиться с помощью смонтированного в машине прибора или пешком, используя ручной измеритель мощности дозы. Наиболее пригодным способом быстрого поиска гамма-излучающих источников на больших территориях является воздушная разведка. Для такой разведки наиболее приемлемы детекторы NaI(Tl). Однако, также могут использоваться и приборы с ионизационными камерами, газоразрядными счетчиками, счетчики Гейгера-Мюллера или другие подходящие измерители мощности дозы.

Важную роль в проведении воздушной разведки играют погодные условия. Полеты могут проходить только при дневном свете, наличии видимости на расстоянии 1,5 км или более, наличии облаков не ниже 150 м над поверхностью земли.

РУКОВОДСТВО ПО РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЕ АВАРИЙНЫХ ГРУПП

Рекомендации по возвращению аварийных рабочих (максимально допустимые показания дозиметров аварийных рабочих) должны быть выражены в единицах накопленной дозы внешнего облучения по показаниям прямо-показывающих дозиметров, которая косвенно учитывает потенциальную дозу от ингаляционного поступления. Аварийные рабочие должны предпринимать все разумные усилия, чтобы не превысить данное значение. Дозовые рекомендации по возвращению аварийных рабочих являются только рекомендациями и должны быть оценены для каждой аварийной ситуации. Руководство по радиационной защите аварийных рабочих представлено в Инструкции В1 документа [3], а также в Инструкции А9 данного руководства.

После окончания раннего периода аварии следует подтвердить общую дозу, полученную аварийным рабочим в течение этого периода до того, как ему будет позволено выполнять действия, при которых можно подвергнуться дополнительному облучению.

ГАРАНТИЯ КАЧЕСТВА И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

Полевые измерения и отбор проб

Некоторые измерения проводятся на поле, в то время как другие - в лаборатории, где проходит анализ проб, отобранных в полевых условиях. В обеих ситуациях для получения действительных результатов на основании измерений

необходимо правильно выполнять процедуры проведения полевых работ. До начала отбора проб следует проинформировать весь персонал об используемых процедурах таким образом, чтобы гарантировать отбор для измерения соответствующего материала, в должном количестве и необходимой структуры. Нижеследующая информация приводится из документа [9].

Методы

Полевое измерение или отобранная проба должны быть представительны для параметра или материала, который необходимо проанализировать. Большинство параметров и материалов из окружающей среды варьируют в пространстве и во времени. Например, почва обычно состоит из частиц различного размера, химический состав и поверхностная реактивность частиц часто варьирует в зависимости от их размера. Водные бассейны, например, озера и океан, обычно характеризуются наличием слоев с различными физическими и химическими характеристиками.

До начала отбора проб следует четко определить, какой материал подлежит отбору, для того чтобы обеспечить представительность материала в пробе. Если необходимо отобрать пробы растений, то должны ли в пробе содержаться корни растений, и если должны, то следует ли тщательно очистить корни от почвы? Если необходимо отобрать пробу атмосферных аэрозолей таким образом, чтобы она была представительна для большой территории, имеет ли значение направление ветра? На какой высоте над землей следует отобрать пробу? Опасно ли влияние на состав пробы соседних сооружений или активности? Проба должна представлять материал целиком, однако не должна быть загрязнена посторонними материалами. Сам процесс отбора пробы может влиять на материал. Например, при отборе пробы воды из нижних слоев озера можно переместить воду из поверхностных слоев в нижние, а потом эту же воду и отобрать. Таким образом, до начала отбора проб следует внимательно изучить подробности отбора проб и обращения с ними.

Подготовка и хранение проб

Для проведения многих видов измерений проб окружающей среды, таких как растения, вода, атмосферные аэрозоли, необходимо отобрать пробу и доставить в лабораторию для анализа. Может потребоваться некоторая форма предварительной подготовки таких проб до анализа. Например, пробы растений можно высушить или озолить, пробы воды можно отфильтровать. Там, где возможно, следует анализировать отдельно группы проб с потенциально высокими и низкими уровнями радиоактивности для уменьшения вероятности перекрестного загрязнения. Предварительная подготовка обычно изменяет физическое состояние пробы а, иногда, химическое состояние. На этапе планирования подготовки пробы важно учесть способ проведения последующего измерения и возможность пробы быть подвергнутой такому измерению.

Следующий аспект, который должен быть рассмотрен на этапе планирования и проведения подготовки пробы, заключается в установлении единицы измерения пробы, на которую будет пересчитан полученный результат. Например, пробы растений, почвы или отложений обычно взвешивают до проведения анализа, и результат оценивают в пересчете на единицу массы и/или единицу территории, с которой были отобраны пробы. Обычно пробы указанных типов взвешивают сразу после отбора (мокрый вес), затем высушивают и снова взвешивают до проведения анализа (сухой вес). Однако в аварийной ситуации этап высушивания может быть пропущен. В рамках данной процедуры важно обеспечить, чтобы все пробы высушивались в одинаковой степени для представления результата в пересчете на единицу сухого веса. Указанное ограничение отменяется, если результаты представляются в пересчете на единицу массы или территории, с которой производили отбор. Результаты следует представлять

в тех же единицах, что и существующие ДУВ, определенные регулирующим ведомством, то есть в пересчете на сухой вес, либо на первоначальный вес пробы. Решения об используемых видах подготовки проб могут сопровождаться сложностями, если подготовка может изменить свойства пробы, которую необходимо измерить. Например, если необходимо измерить наличие в растениях летучего вещества, например, йода, нельзя проводить подготовку пробы таким образом, чтобы йод улетучился.

Кодирование и регистрация данных

Во время отбора проб или проведения полевых измерений, пробе и соответствующему набору результатов обычно присваивают кодовый номер, который позволяет проводить идентификацию на последующих этапах анализа, расчета, регистрации результатов. Простая кодировка является преимуществом, поскольку позволяет уменьшить вероятность ошибок при передаче данных. Однако коды должны быть в меру характерными для различия каждого набора проб и данных между собой, выделения не относящихся к делу проб и данных, которые проходят через лабораторию. Следует позаботиться о четкой маркировке проб и полевых данных с целью уменьшения возможности неправильного считывания этикеток и заметок. Часто, особенно в течение этапа отбора проб или проведения полевых измерений, желательно использовать коды, содержащие информацию о месте и/или времени отбора или измерения, либо природе пробы или измерения.

При разработке протоколов для регистрации результатов полевых измерений или отбора проб, а также последующих результатов анализа, следует учесть необходимость представления потенциальным будущим пользователям достаточно полной информации для расчета окончательных результатов. Обычно на этапе отбора проб, проведения полевых измерений и аналитическом имеется в распоряжении гораздо больше подробной информации, чем считается необходимой для интерпретации результатов, и регистрируется только информация, которая кажется необходимой немедленно. На этапе изучения окончательных результатов становится очевидным полезность некоторой незарегистрированной информации для интерпретации полученных данных. Для избежания возможной потери полезной информации важно взять за обыкновение делать в журнале подробные полевые и лабораторные заметки.

Химический и радиохимический анализ

Химический и радиохимический анализ следует проводить с использованием утвержденных методов, согласующихся с таковыми в других лабораториях. Специальные методы контроля качества даны в процедурах.

Исследования с использованием приборов

Важно, чтобы все аналитики хорошо знали соответствующие процедуры проведения калибровки, эксплуатации и обслуживания приборов, на которых они работают.

Приборы

Для поддержания эффективной работы приборов, следует установить график их профилактического технического обслуживания там, где это необходимо. Работа прибора и любые, произведенные на нем изменения, должны регистрироваться.

Калибровка

Для многих приборов имеются в наличии калибровочные стандарты. Измерения этих стандартов проводят для получения калибровочной кривой, связывающей интенсивность сигнала прибора с измеряемой концентрацией вещества или его свойством. В других случаях, калибровка состоит из проверки одной точки с помощью одного стандартного референсного прибора, источника, материала или пробы. Для оптимизации качества измерений аналитик должен использовать соответствующие стандарты, методы и частоту проведения калибровки, а также хранить данные, прослеживающие стандартизацию.

Оценки фонового уровня

Аналитик должен быть уверен, что используемые для измерения фонового уровня методы, являются адекватными и измерения проводятся с необходимой частотой. Следует регистрировать результаты измерений фона и проводить их статистический анализ для соответствующей коррекции данных, а также определения и устранения отклонений, связанных с прибором или радиоактивным загрязнением.

Проверки стабильности прибора

Аналитик должен быть всегда настороже по поводу любой нестабильности приборов, используемых для получения аналитических данных. Работа всех электронных деталей прибора может варьировать вследствие изменения факторов окружающей среды, например, температуры и влажности, и ухудшаться с течением времени; даже новые приборы могут иметь слабые в указанном отношении детали. Зарегистрированная информация о проведенных калибровках прибора, измерениях фона, включая контрольные диаграммы, является основной базой данных, используемой для оценки стабильности прибора.

Проверки качества работы

Следует проводить предэксплуатационные тесты и проверки качества работы каждого прибора.

Полевые и лабораторные записи

Измерение является полезным, если оно репрезентативно для изучаемого материала или параметра окружающей среды. Полевые записи, сделанные в процессе измерений или отбора проб, обычно являются основой для оценки репрезентативности пробы или полевого измерения. Точно так же, лабораторные записи, сделанные в процессе анализа пробы, служат основанием для оценки качества анализа, определения любых проблем, которые могут негативно повлиять на результат анализа в случае их возникновения во время его проведения. По этой причине следует направить все усилия на регистрацию всех аспектов метода, которые потенциально могут воздействовать на результат измерения во время полевых измерений или отбора проб, а также во время подготовки проб и их анализа. Общим правилом должно быть следующее: каждая возможная относящаяся к делу переменная, которая может быть использована в расчетах, должна быть записана, даже если это будет только контрольная пометка на форме. Эти записи могут понадобиться не только тому, кто их сделал, и не только в период времени, когда они были сделаны, но во многих случаях записи могут понадобиться в будущем другим людям. Таким образом, для того чтобы другие пользователи смогли, прочитав записи, реконструировать описанную ситуацию, важно вести записи четким почерком и ясно выражать смысл написанного.

Представление данных

При представлении данных Ответственному за защиту населения необходимо указать оценку неопределенности. Значения неопределенностей должны быть указаны либо с помощью точного определения, что они представляют, либо с помощью описания пути расчета, поскольку простое положение $X \pm Y$ может быть интерпретировано различным образом. Изложение неопределенности должно включать оценки всех предполагаемых значительных источников ошибок, а также указывать, получен ли результат на этапе полевых измерений, или отбора проб, анализа, или оценки данных. Следует включать в описание источники ошибок, которые могут повлиять на окончательный результат в пределах порядка представленных значащих цифр.

При представлении данных следует использовать формат, соответствующий ожидаемому использованию результатов. Табличное представление информации позволяет полностью представить численные значения и их неопределенность. Графическое - обычно позволяет лучше визуализировать представляемый материал. При использовании обоих указанных способов важно представить, что для читающего материалы ничто не будет немедленно очевидно, поэтому заголовки колонок или легенда рисунка должны включать всю информацию, которая необходима для понимания представляемых данных. При представлении данных важно сообщать только соответствующее количество значащих цифр. Обычно промежуточные результаты оставляют без округления, а окончательный – округляют до подходящего количества значащих цифр. Печать таблиц с компьютера может привести к распечатке результатов некоторых проб в формате с большим количеством знаков после запятой. Если это произойдет, необходимо отредактировать таблицу с целью ограничения количества значащих цифр до требуемого.

РАЗДЕЛ А
ПОЛЕВОЙ МОНИТОРИНГ УРОВНЕЙ РАДИАЦИИ И
ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Предупреждение: инструкции в этом разделе должны быть пересмотрены в соответствии с условиями и возможностями применения

| | | |
|------------------------------------|---|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ А0 | <i>Стр. 1 из 3</i> |
| <i>Всеми Группами реагирования</i> | КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РАБОТЫ РАДИАЦИОННЫХ ПРИБОРОВ | |

Цель

Провести предэксплуатационную проверку и проверку качества работы каждого прибора, который будет использоваться в процессе разведки.

Обсуждение

Для того чтобы оценить радиационную опасность на всех этапах аварии, требуются приборы измерения радиации. Важно проводить соответствующее техническое обслуживание и периодическую калибровку радиологических приборов.

В дополнение к этому, должны периодически осуществляться проверки в процессе эксплуатации приборов радиационной разведки, так же как и после проведения любого незначительного технического обслуживания прибора, например, замены батареек или закрепления болтающегося кабеля.

Предостережения / Ограничения

Нижеследующее является инструкцией, которую группы реагирования должны выполнять перед отправкой на место аварии. Если группа отправлена непосредственно на место для оказания помощи группе реагирования, которая уже находится на месте, данная инструкция должна быть выполнена, как только это будет удобно, например, во время пересменки.

На проверку надлежащей работы прибора в аварийной ситуации понадобится менее 10 минут.

Приборы / Ресурсы

- Контрольный источник, соответствующий виду излучения, для измерения которого предназначен прибор
- Прибор, который следует проверить
- Карта А0

Предэксплуатационная проверка

Действие 1

Осмотреть прибор на предмет видимых физических повреждений.

Действие 2

Проверить удостоверение или сертификат о калибровке и определить дату калибровки прибора. Если период действия калибровки истек, следует вернуть прибор для замены.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

НЕ использовать прибор, если период действия калибровки истек. Однако в случае если другие приборы отсутствуют, провести проверку имеющегося прибора. Если показания прибора находятся в установленных пределах, можно его использовать.

Действие 3

Проверить батарейки прибора для гарантии их рабочего состояния. Если батарейки не работают, заменить их перед началом работы прибора.

Действие 4

Установить стрелку измерительного прибора на нуль шкалы, используя механический или электронный корректор.

Действие 5

Проверить установку высоковольтного блока. Для многофункциональных приборов обеспечить работу высоковольтного блока в соответствии с видом измеряемого излучения.

Действие 6

Установить прибор на нижний, из имеющихся на шкале, диапазон измерений. Понаблюдать за работой прибора в нормальных условиях. Если замечены необычные или неожиданные явления, зарегистрировать их в Карте А0 и вернуть прибор для починки.

Контроль качества работы прибора**Действие 7**

Использовать контрольный источник, соответствующий виду излучения, для измерения которого прибор предназначен и будет использоваться для определения и подтверждения ожидаемых показаний по предопределенной контрольным источником геометрии счета. Там, где это осуществимо, следует откалибровать прибор для работы на двух третях (2/3) полной шкалы на каждом диапазоне.

ПРИМЕЧАНИЕ

После калибровки следует определить ответ прибора на конкретный контрольный источник. Обычно, если показания дозиметра для измерения мощности дозы находятся в пределах $\pm 20\%$ или показания радиометра загрязнения поверхностей находятся в пределах $\pm 30\%$, приборы пригодны к использованию.

Действие 8

Проводить контроль качества работы каждого прибора в начале и конце работы каждой смены.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Если результаты контроля качества функционирования прибора по окончании работы смены оказались отрицательными, отметить этот факт в соответствующей Карте, используемой для регистрации результатов измерений, и сообщить Специалисту по мониторингу окружающей среды / Специалисту-радиологу о том, что некоторые результаты, полученные при использовании прибора, могут оказаться сомнительными.

Действие 9

Заменить неисправное оборудование и повторить контроль качества работы новых приборов.

Действие 10

Зарегистрировать все данные о приборах в Карте А0. По окончании задания вернуть заполненную Карту А0 Специалисту по мониторингу окружающей среды / Специалисту-радиологу.

| | | |
|--|--------------------------|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ А1 | <i>Стр. 1 из 3</i> |
| <i>Группой разведки окружающей среды</i> | РАЗВЕДКА В ОБЛАКЕ | |

Цель

Провести отслеживание расположения облака поперечно его оси и установить границы облака с помощью измерений уровней мощности амбиентной дозы для определения: а) превышены ли значения Действующих уровней вмешательства для эвакуации, укрытия, блокирования щитовидной железы (ДУВ1 и ДУВ2), и б) следует ли ввести в действие дозовые рекомендации по возвращению аварийных рабочих.

Обсуждение

Для отслеживания облака можно использовать измерительные приборы, размещенные на транспортных средствах. Разведка основывается на измерениях мощности дозы.

Предостережения / Ограничения

Всегда сознавайте опасность, которой вы можете подвергнуться в полевых условиях, и применяйте необходимые меры предосторожности. Никогда не пытайтесь проводить какие-нибудь действия в полевых условиях без соответствующих средств защиты. Всегда знайте, как эти средства использовать.

Все действия по мониторингу должны быть проведены таким образом, чтобы облучение персонала поддерживалось на разумно достижимом низком уровне. Члены группы должны быть осведомлены об уровнях дозовых рекомендаций по возвращению, а также возможности загрязнения радионуклидами вследствие их выпадения из облака с дождем.

Приборы / Ресурсы

- Оборудование, общее для всех групп реагирования (Контрольный перечень А0)
- Оборудование Группы разведки окружающей среды (Контрольный перечень А1)

До отправления на место

Действие 1

- 1.1. Получить начальный инструктаж и назначение от Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога.
- 1.2. Получить соответствующее оборудование, используя Контрольные перечни А0 и А1.
- 1.3. Проверить приборы, используя Инструкцию А0.
- 1.4. Провести проверку работы радиосвязи при отбытии по назначению.
- 1.5. Провести проверку GPS при отбытии по назначению.

Действие 2

В соответствии с инструкциями Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога:

- 2.1. Завернуть приборы в пластиковую пленку для избежания загрязнения (за исключением окна детектора, если имеются в наличии такие приборы).
- 2.2. Включить кнопку тревоги на прямопоказывающих дозиметрах.
- 2.3. Надеть соответствующие средства индивидуальной защиты.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если прибор имеет окно детектора, то завертывание прибора в пластиковую пленку для предотвращения загрязнения может повлиять на точность измерения бета- и низкоуровневого гамма-излучения.

На основании полученной информации и рекомендаций от Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога, Ответственный за аварийное реагирование будет решать вопрос о проведении блокирования щитовидной железы, использовании защитной одежды, респираторов или других средств индивидуальной защиты.

На пути к месту проведения мониторинга**Действие 3**

Наблюдать за уровнями мощности амбиентной дозы, используя для представления первых данных измерений уровней радиации наиболее чувствительный прибор и шкалу:

- 3.1. Держать дозиметр внутри машины над сидением при закрытом окне.
- 3.2. При регистрации уровней мощности амбиентной дозы в 5 раз выше фона и более уведомить Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога о вашем местоположении и показаниях прибора.
- 3.3. Проводить дальнейшее поперечное отслеживание облака в соответствии с указаниями Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога.

Разведка в облаке**Действие 4**

Используя соответствующий прибор с открытым ($\beta+\gamma$) и закрытым (γ) окном, провести радиационную разведку, разместив прибор на уровне пояса (примерно 1 м над поверхностью земли) и на уровне земли (примерно 3 см над поверхностью земли) в положении прибора детектором вниз. Зарегистрировать результаты в Карте А1.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если в приборе используется направленный детектор, при проведении замеров на уровне пояса направленная часть детектора должна быть нацелена вверх (направление от земли) для исключения вклада излучения от выпадений в показания прибора.

Действие 5

Определить, поднято ли облако над землей, находится ли оно на уровне земли, или прошло над территорией, сравнивая показания прибора с данными таблицы.

| Если на уровне пояса: ОО ОЗ | И | Если на уровне земли ОО ОЗ | Значит: |
|--------------------------------|---|-------------------------------|-----------------------------------|
| $\beta+\gamma \approx \gamma$ | | $\beta+\gamma \approx \gamma$ | Облако поднято над землей |
| $\beta+\gamma > \gamma$ | | $\beta+\gamma > \gamma$ | Облако на уровне земли |
| $\beta+\gamma \approx \gamma$ | | $\beta+\gamma > \gamma$ | Облако прошло – загрязнение почвы |

ОО – окно открыто; ОЗ – окно закрыто

ПРИМЕЧАНИЕ

При подтверждении присутствия облака на уровне земли, требуется провести отбор проб воздуха по средней линии облака или вблизи нее. Определение средней линии проводят, используя прибор с быстрым откликом: во многих случаях это может быть радиометр поверхностного загрязнения, например NaI детектор.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Периодически проверяйте дозиметры и в случае, если показания приборов превышают предписанные уровни, уведомляйте Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога.

Для избежания преждевременной разрядки батарей, выключайте прибор, когда не используете его, однако только, когда достаточно удалитесь от зоны нахождения облака.

Контроль загрязнения

Действие 6

Периодически проводить мониторинг машины и персонала; регистрировать показания, время, расположение в Карте А5.

Действие 7

По окончании задания провести мониторинг персонала и оборудования, используя Инструкции А5 и А8, или запросить помощь Группы индивидуального мониторинга и дезактивации.

| | | |
|--|------------------------------------|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ А2 | <i>Стр. 1 из 3</i> |
| <i>Группой разведки окружающей среды</i> | РАЗВЕДКА ВЫПАДЕНИЙ НА ЗЕМЛЮ | |

Цель

Измерить уровень мощности амбиентной дозы от выпадений; установить территории, где уровень мощности амбиентной дозы от выпадений свидетельствует о необходимости проведения переселения или введения запрета на потребление пищевых продуктов до отбора проб; определить местонахождение "горячих участков".

Обсуждение

В идеальном случае измерения мощности дозы от выпадений должны проводиться на открытой нетронутой территории, удаленной от транспорта, строений, деревьев, дорог, зон активного движения транспорта. Начинать следует с территорий, где во время поперечного отслеживания выброса/облака наблюдались наиболее высокие уровни мощности дозы. Являются приоритетными измерения на территориях, где прошли осадки во время движения облака (дождь, снег). В связи с этим, "горячими участками" называют места, где наблюдается внезапное и резкое локальное превышение мощности дозы над средним уровнем для данной территории.

Для охвата измерениями большой территории рекомендуется проводить измерения с движущегося транспорта (дорожный мониторинг) или использовать разведку с воздуха (Инструкция А6). Однако дорожный мониторинг является очень ненадежным индикатором общих выпадений на местности. Для картирования местности ограниченных размеров могут быть использованы ручные измерители мощности дозы.

Более детальную информацию о радионуклидном составе выпадений можно получить, используя гамма-спектрометрию in-situ (Инструкция Г1).

Предостережения / Ограничения

Всегда сознавайте опасность, которой вы можете подвергнуться в полевых условиях, и применяйте необходимые меры предосторожности. Никогда не пытайтесь проводить какие-нибудь действия в полевых условиях без соответствующих средств защиты. Всегда знайте, как эти средства использовать.

Все действия по мониторингу должны быть проведены таким образом, чтобы облучение персонала поддерживалось на разумно достижимом низком уровне. Члены группы должны быть осведомлены об уровнях дозовых рекомендаций по возвращению.

Приборы / Ресурсы

- Оборудование, общее для всех групп реагирования (Контрольный перечень А0)
- Оборудование Группы разведки окружающей среды (Контрольный перечень А1)

До отправления на место

Действие 1

- 1.1. Получить начальный инструктаж и назначение от Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога.

- 1.2. Получить соответствующее оборудование, используя Контрольные перечни А0 и А1.
- 1.3. Проверить приборы, используя Инструкцию А0.
- 1.4. Провести проверку работы радиосвязи при отбытии по назначению.
- 1.5. Провести проверку GPS при отбытии по назначению.

Действие 2

В соответствии с инструкциями Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога:

- 2.1. Завернуть приборы в пластиковую пленку для избежания загрязнения (за исключением окна детектора, если имеются в наличии такие приборы).
- 2.2. Включить кнопку тревоги на прямопоказывающих дозиметрах.
- 2.3. Надеть соответствующие средства индивидуальной защиты.

ПРИМЕЧАНИЕ

На основании полученных от Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога информации и рекомендаций, Ответственный за аварийное реагирование будет решать вопрос о необходимости блокирования щитовидной железы, использования защитной одежды, респираторов или других средств защиты.

Разведка выпадений на почву

Действие 3

Перемещаясь вперед по каждой дороге по направлению к загрязненной территории, начинать измерения из машины на нижнем диапазоне измерений (закрытое окно детектора), регистрировать участки, где уровень мощности амбиентной дозы в два раза превышает фоновый. Также регистрировать участки, где мощность дозы в 10 раз превышает фоновые значения (примерно 1 мЗв/час) и участки, на которых мощность дозы увеличивается на 10 мЗв/час, доходя до 1 мЗв/ч.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Во время проведения измерений и проезда по загрязненной территории старайтесь избегать повторного поднятия в воздух выпавших на почву радионуклидов.

Действие 4

Зарегистрировать результаты в соответствующих разделах Карты А1.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Периодически проверяйте дозиметры и в случае, если показания приборов превышают предписанные уровни, уведомляйте Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога.

Для избежания преждевременно разрядки батарей, выключайте прибор, когда не используете его. Следует проявлять осторожность для предотвращения повреждения окна и/или загрязнения зонда/детектора.

Контроль загрязнения

Действие 5

Периодически проводить мониторинг машины и персонала; регистрировать показания, время, расположение в Карте А5.

Действие 6

По окончании задания провести мониторинг персонала и оборудования, используя Инструкции А5 и А8, или запросить помощь Группы индивидуального мониторинга и дезактивации.

| | | |
|--|--|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ АЗ | <i>Стр. 1 из 3</i> |
| <i>Группой разведки окружающей среды</i> | ДОЗИМЕТРИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ | |

Цель

Оценить любое потенциальное увеличение(я) уровней радиации на территориях, прилегающих к зоне аварийного выброса радиоактивности; реконструировать траекторию облака и/или радиационных полей.

Обсуждение

Рекомендуется проводить дозиметрию окружающей среды в зоне и вокруг зоны предполагаемого нахождения облака. Следует проявлять осторожность при выборе подходящих для мониторинга окружающей среды ТЛД.

Предостережения / Ограничения

Все ТЛД должны быть защищены от облучения в процессе хранения, установки и возвращения.

Приборы / Ресурсы

- ТЛД для дозиметрии окружающей среды
- Оборудование, общее для всех групп реагирования (Контрольный перечень А0)
- Оборудование Группы разведки окружающей среды (Контрольный перечень А1)

До отправления на место

Действие 1

- 1.1. Получить начальный инструктаж и назначение от Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога.
- 1.2. Получить соответствующее оборудование и ТЛД, используя Контрольные перечни А0 и А1.
- 1.3. Проверить приборы, используя Инструкцию А0.
- 1.4. Провести проверку работы радиосвязи при отбытии по назначению.
- 1.5. Провести проверку GPS при отбытии по назначению.

Действие 2

В соответствии с инструкциями Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога:

- 2.1. Завернуть приборы в пластиковую пленку для избежания загрязнения (за исключением окна детектора, если имеются в наличии такие приборы).
- 2.2. Включить кнопку тревоги на прямопоказывающих дозиметрах.
- 2.3. Надеть соответствующие средства индивидуальной защиты.

ПРИМЕЧАНИЕ

На основании полученных от Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога информации и рекомендаций, Ответственный за аварийное реагирование будет решать вопрос о необходимости блокирования щитовидной железы, использования защитной одежды, респираторов или других средств защиты.

После получения ТЛД каждая группа несет ответственность за осторожное обращение с ТЛД во время транспортировки, а также возвращение в случае неиспользования.

Установка дозиметров для мониторинга окружающей среды

Действие 3

Следовать на участок(ки), указанные Специалистом по мониторингу окружающей среды/Специалистом-радиологом. Найти участок на открытой местности. Если в наличии имеется GPS, выбрать местоположение и зарегистрировать его в Карте А2, в случае отсутствия GPS - определить местоположение, нанести его на карту и зарегистрировать в Карте А2. Измерить мощность амбиентной дозы в месте нахождения и занести результат в Карту А2.

ПРИМЕЧАНИЕ

Во время транспортировки хранить комплект ТЛД в месте наименьшей вероятности повреждения, облучения или воздействия тепла (например, в свинцовом ящике или контейнере).

Действие 4

Поместить два дозиметра ТЛД в герметичный пластиковый пакет и крепко закрепить их на стойке или подставке, обратив их по направлению к центру следа облака или источнику. Установить ТЛД на высоте примерно одного метра над землей. Не помещать ТЛД на всходы или в положение контакта с поверхностью земли.

ПРИМЕЧАНИЕ

ТЛД должны быть установлены таким образом, чтобы они не были прикрыты стойкой.

Действие 5

Зарегистрировать в Карте А2 номера ТЛД и расположение мест их установки для последующей их замены. Отметить дату/время установки ТЛД на местности.

Действие 6

После установки вернуть Карту(ы) А2 Специалисту по мониторингу окружающей среды / Специалисту-радиологу.

Возвращение (снятие) дозиметров

Действие 7

Все установленные на местности ТЛД должны быть возвращены, как указано Специалистом по мониторингу окружающей среды/Специалистом-радиологом.

Действие 8

Перед тем, как снять ТЛД с места установки провести исследование ТЛД на предмет радиоактивного загрязнения, используя соответствующие приборы обнаружения

загрязнения. Если обнаружен радиоактивно загрязненный комплект ТЛД, изолировать их от остальных и приложить данные показаний прибора. Занести показания прибора в раздел примечаний Карты А2.

ПРИМЕЧАНИЕ

На загрязненных территориях, где прямой контроль радиоактивного загрязнения ТЛД непригоден вследствие высокого фонового уровня, следует провести указанное исследование позже. До этого момента обращаться с ТЛД следует таким образом, как будто он загрязнен.

Действие 9

Упаковать каждый снятый набор ТЛД во второй пластиковый пакет соответствующего размера. В случае наличия радиоактивного загрязнения дозиметра сделать пометку на пакете и в Карте А2.

Действие 10

Убедиться, что идентификационные номера на собранных ТЛД совпадают с номерами, зарегистрированными в Карте А2. Отметить дату и время снятия ТЛД. В случае повреждения или утери ТЛД отметить данный факт в Карте А2.

Действие 11

Возвратить все собранные ТЛД вместе с заполненной Картой А2 Специалисту по мониторингу окружающей среды/Специалисту-радиологу.

ПРИМЕЧАНИЕ

Во время транспортировки содержать все ТЛД в экранированном контейнере для минимизации возможности повреждения, утери или облучения. Комплекты загрязненных и незагрязненных ТЛД следует содержать отдельно.

Контроль загрязнения

Действие 12

После возвращения провести мониторинг персонала и оборудования (контроль загрязнения), используя Инструкции А5 и А8, или запросить помощь Группы индивидуального мониторинга и дезактивации.

| | | |
|--|-----------------------------|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ А4 | <i>Стр. 1 из 4</i> |
| <i>Группой разведки окружающей среды</i> | МОНИТОРИНГ ИСТОЧНИКА | |

Цель

Оценить уровни мощности амбиентной дозы вблизи радиоактивного источника и своевременно предоставить информацию, на основании которой может быть принято решение о введении защитных мероприятий и помещении источника в безопасное место.

Обсуждение

Аварии с вовлечением застрявших или открытых источников являются наиболее простыми с точки зрения проведения мониторинга. Мощность дозы вблизи облученного источника может быть порядка 1 Гр/час или выше.

Аварии с вовлечением утерянных или украденных источников являются наиболее трудными для проведения мониторинга. В таких случаях может быть полезным рассмотреть использование аэрофотосъемки. Однако во многих случаях источник находят в контейнере, и ситуация сопровождается невысокими уровнями мощности дозы.

При выборе приборов для использования следует принять во внимание вышеуказанные аспекты.

Предостережения / Ограничения

Всегда сознавайте опасность, которой вы можете подвергнуться в полевых условиях, и применяйте необходимые меры предосторожности. Никогда не пытайтесь проводить какие-нибудь действия в полевых условиях без соответствующих средств защиты. Всегда знайте, как эти средства использовать.

Все действия по мониторингу должны быть проведены таким образом, чтобы облучение персонала поддерживалось на разумно достижимом низком уровне. Члены группы должны быть осведомлены об уровнях дозовых рекомендаций по возвращению.

Приборы / Ресурсы

- Оборудование, общее для всех групп реагирования (Контрольный перечень А0)
- Оборудование Группы разведки окружающей среды (Контрольный перечень А1)

До отправления на место

Действие 1

- 1.1. Получить начальный инструктаж и назначение от Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога.
- 1.2. Получить соответствующее оборудование, используя Контрольные перечни А0 и А1.
- 1.3. Проверить приборы, используя Инструкцию А0.
- 1.4. Провести проверку работы радиосвязи при отбытии по назначению.
- 1.5. Провести проверку GPS при отбытии по назначению.

Действие 2

В соответствии с инструкциями Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога:

- 2.1. Завернуть приборы в пластиковую пленку для избежания загрязнения (за исключением окна детектора, если имеются в наличии такие приборы).
- 2.2. Включить кнопку тревоги на прямопоказывающих дозиметрах.
- 2.3. Надеть соответствующие средства индивидуальной защиты.

ПРИМЕЧАНИЕ

На основании полученных от Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога информации и рекомендаций, Ответственный за аварийное реагирование будет решать вопрос о необходимости блокирования щитовидной железы, использования защитной одежды, респираторов или других средств защиты.

Мониторинг источника**Действие 3**

Включить прибор перед входом в зону предполагаемой повышенной мощности дозы.

ПРИМЕЧАНИЕ

Использовать дозиметры соответствующего диапазона измерения мощности дозы. Рассмотреть использование приборов с телескопическими удлинителями в ситуациях с высокими мощностями дозы, либо для оценки физически недостижимых участков.

Действие 4

- 4.1. Измерить мощность дозы от источника. Отметить расстояние от источника. Если при измерении произошел контакт с источником, следует указать этот факт наряду с показаниями мощности дозы.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Если показания дозиметра зашкаливают, отойдите от источника до тех пор, пока не будут получены результаты в рамках шкалы прибора и отметьте расстояние, на которое вы удалились от источника. Если невозможно получить показания в пределах шкалы прибора, используйте вид отчета "показания зашкаливают" и думайте о собственной безопасности и безопасности окружающих. Немедленно информируйте Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога

- 4.2. При смешанном бета- и гамма-излучении следует измерять мощность дозы с открытым и закрытым окном для бета-излучения. Это даст относительное указание на уровень мощности дозы бета- и гамма-излучения.
- 4.3. Если ожидается присутствие бета- или альфа- излучения, следует располагать прибор вблизи поверхности источника. Необходимо позаботиться о том, чтобы прибор не оказался загрязнен радионуклидами.

Действие 5

Если источник не виден, используйте один из нижеследующих методов для определения его местоположения.

- 5.1. Держите прибор в вытянутой руке и поворачивайтесь вокруг своей оси до тех пор, пока не зарегистрируете минимальное значение мощности дозы (для большинства приборов минимальное значение регистрируется, когда источник находится сзади прибора и за вашей спиной, а ваше тело экранирует излучение от источника). Направление к источнику соответствует линии, проведенной от прибора через центр тела измеряющего (очень приблизительно).

ПРИМЕЧАНИЕ

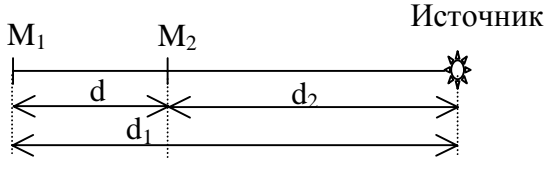
Метод "зрительной оси" лучше применять при использовании детектора с коллиматором.

- 5.2. Альтернативный способ: по точкам измерения одинаковой мощности дозы вычерчивается окружность и предполагается нахождение источника приблизительно в центре окружности.

ПРИМЕЧАНИЕ

Обломки или другие помехи вблизи источника могут ослаблять уровни радиации, что может привести к регистрации различных уровней мощности дозы на одинаковых расстояниях от источника.

- 5.3. Грубое предположение о расстоянии может быть получено на основании измерения мощности дозы в двух точках по зрительной оси с использованием обратно пропорциональной зависимости квадратов расстояний.

$$d_1 = \frac{d}{\left(1 - \sqrt{\frac{\dot{D}_1}{\dot{D}_2}}\right)}$$


где

d_1 = дальнейшее расстояние от источника [м]

d_2 = ближнее расстояние от источника [м]

d = расстояние между двумя точками измерения M_1 и M_2

\dot{D}_1 = мощность дозы в точке измерения M_1

\dot{D}_2 = мощность дозы в точке измерения M_2

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Следует быть осторожным, поскольку наличие локальной защиты может создать очень неоднородное радиационное поле, что может привести к регистрации внезапного увеличения мощности дозы или ненадежной оценке расположения.

Действие 6

Зарегистрировать все данные в Карте А.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Периодически проверяйте дозиметры и в случае, если показания приборов превышают предписанные уровни, уведомляйте Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога.

Для избежания преждевременно разрядки батарей, выключайте прибор, когда не используете его. Следует проявлять осторожность для предотвращения повреждения окна и/или загрязнения зонда /детектора.

Если источник не удален с территории, помните о необходимости пометить и очертить ее для избежания приближения людей к источнику на слишком близкое расстояние.

Контроль загрязнения**ПРИМЕЧАНИЕ**

Не следует игнорировать возможность радиоактивного загрязнения даже, если в аварию вовлечен закрытый источник. После восстановления защиты и возвращения источника в соответствующий контейнер следует провести тщательные измерения для гарантии отсутствия загрязнения (Инструкция А5).

Действие 7

Провести мониторинг персонала и оборудования (контроль загрязнения), используя Инструкции А5 и А8, или запросить помощь Группы индивидуального мониторинга и дезактивации.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Мониторинг может охватывать людей, которые присутствовали, либо предположительно присутствовали в зонах загрязнения. Все взятое из зоны аварии должно пройти контроль перед тем, как будет где-то расположено или использовано снова.

| | | |
|--|--|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ А5 | <i>Стр. 1 из 7</i> |
| <i>Группой разведки окружающей среды</i> | РАЗВЕДКА ПОВЕРХНОСТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ | |

Цель

Предоставить информацию о загрязненных территориях, объектах, инструментах, приборах и транспортных средствах, на основании которой могут быть приняты решения о вводе защитных мероприятий, действий по очистке или дезактивации.

Обсуждение

Загрязнение поверхности обычно может быть определено с помощью методов прямого мониторинга. В случаях наличия смешанного излучения следует использовать соответствующие приборы для отдельных измерений альфа-, бета- и гамма-излучения. В некоторых случаях содержащиеся в выбросе радионуклиды могут быть чистыми альфа- или бета-излучателями, не формирующими высокие уровни мощности дозы. На территориях с относительно высокими фоновыми уровнями гамма-излучения можно использовать кусочек целлофана, расположенного между анализируемой поверхностью и детектором, для дифференцировки показаний прибора от бета-излучения и от гамма-излучения. В некоторых ситуациях (высокий фоновый уровень, недостаточная чувствительность, отсутствие доступа к месту и т.д.) может потребоваться использование мазков (непрямых) методов в качестве первичных процедур мониторинга.

Оба метода могут быть использованы для оценки загрязнения поверхности; например, после прямого мониторинга может быть проведен непрямой мониторинг путем снятия мазков с репрезентативных площадей поверхности для определения снимаемого загрязнения. Метод мазков может также использоваться для нахождения зон загрязнения на уровне близком к пределам детектирования.

Уровень действия - предписанный предел уровня загрязнения, при превышении которого следует проводить дезактивацию, либо изолировать предмет или территорию для предупреждения ненужного облучения. Уровень зависит также от типа используемого радиометра загрязнения поверхностей. Например, уровень действия, равный 300 имп/мин над фоновым уровнем является приемлемым при использовании дисковидного детектора. Однако если после, по крайней мере, двух попыток дезактивации определено, что загрязнение является фиксированным, и радионуклиды не могут попасть в организм ингаляционным или пероральным путем и распространиться вокруг при обращении с объектом, показания прибора 1500 имп/мин или меньше над фоновым уровнем свидетельствуют, что объект может быть отдан владельцу. Уровни действия должны быть определены Специалистом по мониторингу окружающей среды/Специалистом-радиологом.

Предостережения / Ограничения

Всегда сознавайте опасность, которой вы можете подвергнуться в полевых условиях, и применяйте необходимые меры предосторожности. Никогда не пытайтесь проводить какие-нибудь действия в полевых условиях без соответствующих средств защиты. Всегда знайте, как эти средства использовать.

Все действия по мониторингу должны быть проведены таким образом, чтобы облучение персонала поддерживалось на разумно достижимом низком уровне. Члены группы должны быть осведомлены об уровнях дозовых рекомендаций по возвращению. Члены групп мониторинга должны воздержаться от приема пищи, питья, или курения на любых загрязненных территориях, либо в зонах проведения мониторинга.

Приборы / Ресурсы

- Оборудование, общее для всех групп реагирования (Контрольный перечень А0)
- Оборудование Группы разведки окружающей среды (Контрольный перечень А1)
- Оборудование Группы индивидуального мониторинга и дезактивации (Контрольный перечень А2)

До отправления на место

Действие 1

- 1.1. Получить начальный инструктаж и назначение от Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога.
- 1.2. Получить соответствующее оборудование, используя Контрольные перечни А0, А1 и А2.
- 1.3. Проверить приборы, используя Инструкцию А0.
- 1.4. Провести проверку работы радио при отбытии по назначению.

Действие 2

В соответствии с инструкциями Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога:

- 2.1. Завернуть приборы в пластиковую пленку для избежания загрязнения (за исключением окна детектора).
- 2.2. Включить кнопку тревоги на прямопоказывающих дозиметрах.
- 2.3. Надеть соответствующие средства индивидуальной защиты. Как минимум должны быть надеты защитные перчатки и обувь.

ПРИМЕЧАНИЕ

На основании полученных от Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога информации и рекомендаций, Ответственный за аварийное реагирование будет решать вопрос о необходимости блокирования щитовидной железы, использования защитной одежды, респираторов или других средств защиты.

Прямые методы мониторинга поверхности

Действие 3

Выбрать прибор, соответствующий оцениваемому радиоактивному загрязнению. Включить прибор и выбрать соответствующее время установления показаний (при возможности) перед входом в зону ожидаемого загрязнения или перед приближением к подозрительной на предмет загрязнения поверхности. Измерить и зарегистрировать в Карте А4 фоновый уровень радиации. Периодически проверять уровень фона для гарантии того, что радиометр не загрязнен радионуклидами.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если зона загрязнения недоступна, может понадобиться радиометр загрязнения поверхностей с отдельным зондом, соединенным с самим прибором с помощью кабеля.

Действие 4

Последовательно перемещайте зонд с равномерной скоростью поперек подозрительной поверхности. Используйте звуковой индикатор прибора. Рекомендуемый способ обращения с дисковидным зондом показан на Рисунке А1. Начните исследование с края и перемещайтесь к центру. Когда вы услышите в наушниках большую частоту щелчков, посмотрите на прибор и считайте показания. При считывании данных убедитесь, что вы выждали достаточно для установки среднего значения время. Регистрируйте среднее значение для каждой интересующей точки.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если прибор не оснащен слуховым индикатором, скорость перемещения зонда над поверхностью должна соответствовать времени установления показаний прибора. Желательно, чтобы прибор характеризовался быстрым откликом, и чтобы любое значительное загрязнение поверхности можно было определить при равномерном передвижении зонда. При локализации загрязнения желательно перемещать зонд медленнее для четкого очерчивания загрязнения.

Действие 5

- 5.1. Для мониторинга альфа-излучения и мягкого бета-излучения расположить зонд близко к поверхности (расстояние от окна зонда до исследуемой поверхности не должно превышать 0.5 см).
- 5.2. Влажные поверхности могут экранировать альфа-излучение. Необходимо провести повторный мониторинг альфа-излучения на влажных поверхностях после того, как они высохнут, либо отобрать пробы поверхностей для лабораторного анализа.

ПРИМЕЧАНИЕ

Мониторинг любых неровных или поглощающих поверхностей может привести к большой недооценке альфа- и мягкого бета-излучения. Прямой мониторинг в таких случаях может указать на присутствие загрязнения, однако следует проявить большую осторожность при оценке активности. Рекомендуется составлять отчет в виде “больше чем X Бк см⁻²”.

Для удержания зонда на расстоянии 0.5 см над исследуемой поверхностью следует использовать упоры. Если они отсутствуют можно выйти из положения, поместив пальцы в перчатках под нижним краем зонда и используя их для передвижения зонда на неизменной высоте.

Разведка альфа-излучения на больших территориях носит качественный характер, поскольку могут быть проверены только репрезентативные места. Число измерений зависит от размеров территории и отпущенного для мониторинга времени.

Действие 6

Зарегистрировать показания, характеризующие альфа-, бета+гамма, бета- и/или гамма-излучения, а также время и место проведения измерений, любые специфические детали, относящиеся к показаниям, в Карте А4 (или Карте А4а при мониторинге

транспортных средств). Данные измерений прибора и материалов должны быть приложены к конкретному прибору или материалам и зарегистрированы в Карте А4 (или Карте А4а при мониторинге транспортных средств).

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Члены группы мониторинга должны проявлять осторожность, чтобы не контактировать с потенциально загрязненными поверхностями во время проведения мониторинга для избежания загрязнения самих себя, а также распространения радиоактивности.

Периодически проверяйте дозиметры и в случае, если показания приборов превышают предписанные уровни, уведомляйте Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога.

Для избежания преждевременной разрядки батарей, выключайте прибор, когда не используете его. Всегда смотрите, куда вы кладете прибор или зонд. Следует проявлять осторожность для предотвращения повреждения окна и/или загрязнения зонда / детектора.

Разведка загрязнения транспортных средств

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Необходимо проводить мониторинг всех транспортных средств, используемых в зоне радиационного контроля. Предлагаемая форма дана в Карте В1 в [2].

Действие 7

Провести общую разведку транспортных средств на предмет бета+гамма-излучения, начиная с решетки радиатора, брызговиков с арками колес, бамперов, и шин (Пункты А-Ж в Карте А4а). При обнаружении внешнего загрязнения на уровне или выше уровня действия, зарегистрировать данные в соответствующей колонке Карты А4а и направить транспортное средство на выделенную территорию для дезактивации или охраняемой изоляции.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Члены группы мониторинга должны проявлять осторожность, чтобы не контактировать с потенциально загрязненными внешними поверхностями во время проведения мониторинга для избежания загрязнения самих себя, а также распространения радиоактивности внутрь машины. Обратите внимание, что при обнаружении загрязнения внешней поверхности следует помыть транспортное средство (провести дезактивацию) перед тем, как делать любые попытки провести радиационный контроль внутри салона, либо под капотом.

Действие 8

Если при внешнем радиационном контроле транспортного средства обнаружено загрязнение выше фонового уровня, но **ниже** уровня действия:

- 8.1. провести разведку общей гамма-активности поверхности кожуха воздушного фильтра, если это возможно
- 8.2. провести разведку внутренних поверхностей транспортного средства: сидений, половиков, подлокотников, руля, переключателя передач для определения, имеется ли внутри транспортного средства радиоактивное загрязнение выше уровня действия (Пункты И и К Карты А4а).

Если результаты контроля вышеуказанных мест превышают уровни действия, уведомить водителя транспортного средства о загрязнении машины и порекомендовать ему изолировать машину до того времени, пока не будут определены соответствующие средства дезактивации. Зарегистрировать в Карте А4а всю информацию, касающуюся транспортного средства и степени его загрязнения.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Если разведка кожуха воздушного фильтра показывает загрязнение на уровне действия или выше, **не пытайтесь** удалить воздушный фильтр. Если он загрязнен, то следует принять допущение, что внутренние части двигателя, включая машинное масло, также могут быть загрязнены. Машина должна быть изолирована для дальнейшего исследования после завершения других действий по мониторингу и дезактивации.

ПРИМЕЧАНИЕ

Предоставить водителю транспортного средства квитанцию о загрязненном объекте (объектах).

Действие 9

Провести повторный контроль зон, в которых было обнаружено загрязнение, после проведения первичной дезактивации.

- 9.1. Если уровни загрязнения значительно уменьшились, однако остаются выше уровня действия, повторить процедуру дезактивации и еще раз провести контроль.
- 9.2. Если показания все-таки остаются выше уровня действия, рекомендовать водителю машины изолировать ее на охраняемой площадке вплоть до дальнейшей оценки.
- 9.3. Зарегистрировать в Карте А4а всю информацию, касающуюся транспортного средства и степени его загрязнения.

Действие 10

Если усилия по проведению внешней дезактивации не привели к снижению загрязнения ниже уровня действия, загрязнение может быть фиксированным. Подтвердить этот факт с помощью метода снятия мазков (Действие 11) и зарегистрировать результаты в Карте А4а.

ПРИМЕЧАНИЕ

При фиксированном загрязнении показания на уровне или ниже значения, в 5 раз превышающего уровень действия, позволяют отдать транспортное средство владельцу, если отсутствует другое снимаемое загрязнение.

Метод снятия мазков при мониторинге поверхности

Действие 11

Выбрать место отбора пробы, представляющее поверхность. Отметить известное место - приблизительно участок 100 см² (10 см на 10 см), если это возможно.

ПРИМЕЧАНИЕ

Место отбора пробы должно быть ровной, гладкой, неподвижной поверхностью. Мазки могут также с осторожностью браться на дорогах, тротуарах и т.д. Если не известна точная доля снимаемой активности, которая удалена мазком, используйте установленное по умолчанию значение 0.1.

Действие 12

Осторожно взять мазок с помеченной площади двумя пальцами в перчатках. Попытайтесь не прилагать чрезмерного усилия, чтобы не продырявить поверхность и не скатать мазок.

Действие 13

Оценить уровень загрязнения мазка с помощью портативного прибора. Для оценки уровня загрязнения всей площади или объекта, следует принять долю активности, удаленной с мазком (эффективность снятия).

ПРИМЕЧАНИЕ

Для этого помещают переднюю поверхность мазка на predetermined расстояние от детектора, стараясь не располагать детектор в направлении к любому другому близлежащему источнику, что может повлиять на показание. Если фоновый уровень слишком высок для проведения измерений, перейдите в место с низким фоном или используйте для мазка специальный экранированный держатель, не позволяющий фону влиять на показания.

Самопоглощение активности мазком может привести к сильной недооценке активности. Рекомендуется измерение на жидкостном сцинтилляционном счетчике. Следовательно, при возможности, следует сохранять мазки для дальнейших анализов, что позволит избежать ограничений, связанных с методом мониторинга зонд+мазок.

Действие 14

- 14.1. Промаркировать пластиковый пакет с указанием соответствующей информации о пробе, включая место отбора, дату, время, ФИО взявшего мазок и приблизительное расположение места взятия мазка, чтобы при необходимости оно было найдено снова.
- 14.2. Зарегистрировать все данные в Карте А4.
- 14.3. Передать пробы мазков Специалисту по анализу проб.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Периодически проверяйте дозиметры и в случае, если показания приборов превышают предписанные уровни, уведомляйте Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога.

Контроль загрязнения**Действие 15**

По окончании разведки провести контроль загрязнения всех использованных приборов и средств. Документировать в Карте А4 результаты контроля и время проверки. Следует как можно скорее провести дезактивацию всего, что оказалось загрязненным. Проверить эффективность дезактивации и зарегистрировать показания в Карте А4.

ПРИМЕЧАНИЕ

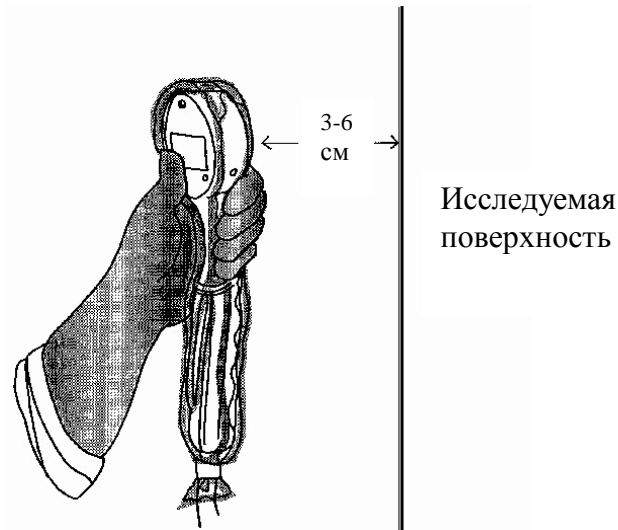
Если требуется дезактивация и она возможна, ее можно провести с использованием одного из нескольких методов, например, вытиранием сухой тряпкой, с помощью воды и мыла и т.д. Не используйте методы дезактивации, которые приведут к распространению местного материала или нарушению целостности поверхности. Если немедленная дезактивация оказалась безуспешной и необходимо оставить объект для дезактивации, предоставьте владельцу квитанцию о загрязненном объекте (объектах). Загрязненные объекты должны быть упакованы соответствующим образом и промаркированы. Они должны храниться так, чтобы персонал не подвергся опасности, и возможность распространения радиоактивности находилась под контролем.

Действие 16

Осуществить индивидуальный контроль загрязнения, используя Инструкцию А8. Обеспечить мониторинг каждого, кто покидает зону загрязнения.

РИСУНОК А1

РЕКОМЕНДУЕМЫЙ СПОСОБ ОБРАЩЕНИЯ С ПОВЕРХНОСТНЫМ ДАТЧИКОМ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ



Примечание: Предоставлено Отделом ядерной защиты Иллинойса, Иллинойс, США.

| | | |
|--|---|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ А6 | <i>Стр. 1 из 8</i> |
| <i>Группой разведки окружающей среды</i> | РАЗВЕДКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ С ВОЗДУХА | |

Цель

Предоставить информацию о загрязнении поверхности на большой территории путем проведения специальных измерений радионуклидов до начала проведения защитных мероприятий и/или мероприятий по очистке.

Обсуждение

Спектрометрические измерения с воздуха могут рассматриваться в качестве подходящего метода для быстрой разведки протяженных территорий. Для проведения такой разведки наиболее предпочтительно использование высокочистых германиевых детекторов (HPGe), однако в некоторых случаях также могут использоваться детекторы NaI(Tl).

Аэрогаммаспектрометрия характеризуется множеством неопределенностей вследствие различий между реальным распределением радионуклидов в почве и распределением, использованным для определения коэффициентов перехода, что связано с характером местности (леса, постройки и т.д.) и возможными неизвестными факторами.

Необходимо знать ответ детектора как функции энергии фотонов и угла падения (включая возможное экранирование самим вертолетом). Таким образом, следует откалибровать спектрометр для проведения воздушной радиационной разведки до любого его использования (Инструкция Г1а и Аба). После этого следует регулярно проверять функционирование спектрометра, используя Инструкцию Г3.

Для быстрого определения степени загрязнения почвы и очерчивания границ необязательно отбирать пробы почвы. Однако если в наличии имеется больше времени, отбор проб почвы полезен для проведения перекрестной калибровки результатов измерений с воздуха.

В общем виде существует несколько различных возможностей проведения полета в зависимости от целей разведки. При проведении радиационной разведки с вертолета могут быть использованы следующие модели поиска:

Поиск параллельными курсами - ПК:

Описание: Параллельные прямые курсы длиной в несколько километров и расстоянием между курсами 300 м

Применение: Разведка плоского или холмистого ландшафта

Линейный поиск - ЛП:

Описание: Полет вдоль установленных линий (например, дорог, железнодорожных путей, рек) с параллельными курсами на расстоянии 300 м

Применение: Разведка вдоль линий транспортного движения

Контурный поиск - КП:

Описание: Полет вдоль географических линий

Применение: Разведка глубоко пересеченной или гористой местности

Проникающий поиск - ПП:

Описание: Полет от одного объекта местности к другому различными курсами

Применение: Быстрое определение границ загрязненной местности

При картировании выпадений направление курса полета должно быть примерно под прямым углом к направлению ветра и с подветренной стороны от источника (относительно направления ветра во время движения облака). Для первоначальной оценки может использоваться широкое расстояние между курсами полета, после чего для более точного картирования следует перейти на полеты по близко расположенным курсам.

Трудно предоставить детальные инструкции для всех возможных типов систем спектрометрии с воздуха и соответствующие инструкции для оценки полученных результатов измерений. Важно, чтобы параметры, характеризующие проведение измерения (высота, скорость полета, координаты, время измерения и т.д.), регистрировались и хранились вместе с радиационными данными. Указанные данные необходимы для построения карт загрязнения.

В данной инструкции представлена только общая процедура. В реальной ситуации данная инструкция должна быть переработана и адаптирована к конкретной используемой спектрометрической системе и конкретным задачам проведения измерений, для которых она должна применяться. На Рисунке А2 представлен пример гамма-спектрометрической системы для воздушной разведки.

Резюме

Объект

анализа: Гамма-излучающие радионуклиды

Геометрия: Полет с системой гамма-спектрометрии для воздушной разведки, предпочтительно используя детекторы HPGe и - в некоторых случаях - детекторы NaI(Tl), на вертолетах или самолетах

Виды проб: Не требуется отбор проб

Матрица: Почва, воздух

МДА: 1-5 кБк/м² (в зависимости от эффективности детектора, высоты полета, радионуклидов и их распределения в почве)

Время

измерения: 10-300 секунд на измерение (в зависимости от эффективности детектора, высоты полета, радионуклидов, их концентрации и распределения в почве)

Точность: 30 - 50 % (в зависимости от распределения радионуклидов в почве, структуры исследуемой местности, точности калибровки, времени измерения)

Предостережения / Ограничения

Следует заранее провести проверку, подходит ли спектрометр для использования на данном самолете (вертолете).

Если предполагается, что летательный аппарат пролетал над загрязненной территорией, может потребоваться дезактивация и дополнительное подтверждение результатов измерений загрязнения почвы.

Общей рекомендацией является осуществление полетов только при дневном свете, в условиях метеорологической видимости, видимость при полете 1,5 км или более, облака не ниже 150 м над поверхностью земли.

Все действия по мониторингу должны быть проведены таким образом, чтобы облучение персонала поддерживалось на разумно достижимом низком уровне. Члены группы должны быть осведомлены об уровнях дозовых рекомендаций по возвращению.

Приборы / Ресурсы

- Оборудование, общее для всех групп реагирования (Контрольный перечень А0)
- Система гамма-спектрометрии для воздушной разведки (Контрольный перечень А3)
- Вертолет или самолет

До отправления на место

Действие 1

- 1.1. Получить начальный инструктаж и назначение от Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога.
- 1.2. Получить соответствующее оборудование, используя Перечни А0 и А3.
- 1.3. Проверить приборы, используя Инструкцию А0.
- 1.4. Получить информацию о погодных условиях и прогнозе погоды.
- 1.5. Получить информацию о территории, которая будет обследоваться.
- 1.6. Получить информацию об используемой системе координат от Специалиста по мониторингу окружающей среды / Специалиста-радиолога.

Действие 2

В соответствии с инструкциями Специалиста по мониторингу окружающей среды / Специалиста-радиолога:

- 2.1. Включить кнопку тревоги на прямопоказывающих дозиметрах.
- 2.2. Надеть соответствующие средства индивидуальной защиты.

Проверки перед полетом

Действие 3

Осмотреть систему воздушной гамма-спектрометрии на предмет видимого физического повреждения.

Действие 4

Выбрать соответствующее положение установки детектора для уменьшения экранирования от топливного бака и/или других деталей вертолета или самолета.

Действие 5

Проверить установку и крепеж соединений системы спектрометрии (кабели, их соединения и т.п.) в вертолете или самолете.

Действие 6

Проверить электрическое питание всей системы, включая радар высотомер и GPS, а также подсоединение к бортовой электрической сети. Если спектрометр работает на батарейках - проверить батарейки.

Действие 7

При использовании NPGe детектора - проверить наличие жидкого азота в сосуде Дьюара; при необходимости пополнить запас.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Для уменьшения возможности асфиксии членов экипажа при вдыхании обедненного кислородом воздуха при утечке в условиях ограниченного пространства, не следует использовать сосуды, содержащие более 5 литров жидкого азота. При утечке жидкого азота также возможно ухудшение обзора для пилота, повреждение глаз, кожных покровов, а также оборудования.

Действие 8

Включить систему, проверить базовые параметры в соответствии с инструкциями (руководством) изготовителя или разработанными самостоятельно.

Действие 9

Установить соответствующие параметры измерения, т.е. время измерения, конфигурацию данных для цикла хранения.

Действие 10

- 10.1. Провести проверку работы радиосвязи перед отбытием по назначению.
- 10.2. Проверить GPS.
- 10.3. Проверить радар высотомер, при необходимости откалибровать прибор.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

В настоящей Инструкции не обсуждаются действия пилотов вертолета или самолета при осуществлении полета, включая все необходимые разрешения, топливо и смазочные материалы, материально-техническое обеспечение и т.д. Летчики должны руководствоваться государственными распоряжениями в этой области.

Решения пилотов будут являться обязательными.

Действие 11

Регистрировать все относящиеся к делу данные в журналах, перечнях и картах.

Измерение**Действие 12**

Лететь к территории разведки, начать измерения и следовать predetermined направлениям полета, полученным от Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога.

В зависимости от ситуации и требований государственных властей рекомендуются следующие параметры полета:

- i. Высота полета: обычно 90 – 120 м над уровнем земли (при использовании вертолета) в зависимости от ландшафта (деревья, строения, линии электропередач и т.д.). Высота полета должна быть постоянной, насколько это возможно. При полете вертолета над рельефной местностью необходимо пытаться следовать рельефу (безопасность прежде всего!). При полете на самолете высота обычно больше.
- ii. Скорость полета: в соответствии с характеристиками используемого вертолета или самолета. В большинстве случаев при использовании вертолета рекомендуется скорость полета 60-150 км/час.

ПРИМЕЧАНИЕ

Важно, чтобы параметры измерения (высота, скорость полета, координаты, время измерения, и т.д.) регистрировались и накапливались одновременно с соответствующими радиационными данными. Эта информация необходима для создания карт радиоактивного загрязнения.

Проверки во время проведения разведки

ПРИМЕЧАНИЕ

Во время проведения разведки следует проводить проверки в соответствии с инструкциями (руководством) производителя, т.е. проверять усиление, высоковольтное питание, положение пика, смещение энергии в спектре и т.д. Визуальная проверка параметров измерения, высоты, данных спутниковой системы определения координат очень полезна и обычно является обязательной. Разработайте заранее свои собственные этапы проведения необходимых проверок во время разведки.

После окончательного приземления

Действие 13

Перепроверить базовые параметры системы в соответствии с инструкциями (руководством) изготовителя. Зарегистрировать все относящиеся к делу данные в журнале. Проинформировать о любых несоответствиях Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога.

Действие 14

Обеспечить наличие данных в быстро доступном для использования формате. Делать копии всех данных измерений.

Действие 15

Проверить радиоактивное загрязнение вертолета или самолета, а также приборов, используя Инструкцию А5.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

В случае полета через радиоактивное облако возможно радиоактивное загрязнение вертолета или самолета. Если вертолет или самолет приземлился на загрязненной территории, то следует проявить осторожность для уменьшения наружного загрязнения и предотвращения внутреннего загрязнения кабины. Приземление на загрязненную поверхность может быть нецелесообразным.

Анализ**ПРИМЕЧАНИЕ**

В большинстве случаев, проведение анализов полученных данных будет осуществляться после завершения миссии. В зависимости от использованной спектрометрической системы измерения, возможна первичная оценка полученных спектров во время полета. По крайней мере, может быть проведена оценка загрязнения почвы некоторыми доминирующими радионуклидами.

Если в вертолете/самолете существует регистратор получаемых данных, они могут быть переданы по радио во время полета для ранней оценки.

Большинство промышленных спектрометрических систем или компьютерных программ оценки выполняют действия в соответствии с нижеследующей последовательностью. Разработайте свои собственные процедуры оценки.

Действие 16

Определить “чистые” пики для линий спектра.

- 16.1 Суммировать все импульсы в соответствующей анализируемой области
- 16.2 Рассчитать среднее значение фоновых импульсов с двух сторон пика по трем каналам
- 16.3 Для получения значения пика фонового счета умножить рассчитанное среднее значение на число каналов в пике
- 16.4 Для получения “чистого” пика вычесть фоновый счет из общего количества импульсов пика

ПРИМЕЧАНИЕ

Вышеуказанный алгоритм применим только для отдельных пиков. Определение площади перекрывающихся пиков требует использования более сложных развернутых методов, а также компьютеров.

Действие 17

Идентифицировать радионуклиды на основании энергий, определенных в спектре. Такие данные, как период полураспада радионуклида, энергия гамма-излучения и соответствующие вероятности испускания частиц, могут быть найдены в электронных или твердых копиях соответствующих справочников о радионуклидах. Сделать распечатку энергий, “чистых” значений пиков, связанных с ними статистических ошибок счета и соответствующих радионуклидов (См. Инструкцию Г1 и Г2).

Действие 18

Оценить содержание радионуклида в почве, используя следующую формулу:

$$C = \frac{10 \cdot (N - N_b)}{t \cdot C_f \cdot p_\gamma \cdot SF}$$

Где:

- C = содержание в почве измеренного радионуклида [кБк/м²]
 N = импульсы в пике с энергией E
 N_b = фоновые импульсы в пике с энергией E
 t = время измерения [сек]
 C_f = калибровочный коэффициент детектора при энергии E [см²] (результат выполнения Инструкции А6а)
 p_γ = излучающая способность нуклида при энергии E
 SF = коэффициент экранирования

ПРИМЕЧАНИЕ

Присутствие в формуле коэффициента экранирования позволяет сделать коррекцию на ослабление фотонов в составных частях и материалах вертолета/самолета, через которые проходят гамма-лучи перед тем, как быть измеренными. Коэффициент должен быть рассчитан для данного летательного аппарата и условий измерения. Получить точное значение SF трудно, поскольку сложная структура может исказить цилиндрическую симметрию радиационного поля, на которой основывается оценка. Эффект анизотропии и общего ослабления плотности потока может быть определен в лучшей степени путем измерения точечных источников с различной энергией фотонов. При отсутствии экспериментальных данных, можно аппроксимировать значение SF, используя формулу:

$$SF = e^{-\mu_x \cdot d_x}$$

где μ_x – среднее значение линейного коэффициента ослабления для данной энергии фотонов и d_x – средняя толщина материала, через который проходят гамма-лучи.

Следует отметить, что, вследствие указанных выше причин, можно определить значение SF только с относительно большой неопределенностью. Основная причина использования коэффициента в формуле – определение степени возможной недооценки уровня загрязнения. В этом смысле, используя в качестве μ_x наибольшее значение из возможных для линейного коэффициента ослабления и в качестве d_x – самую большую толщину материала из тех, которые пересекают лучи, будет получено пороговое значение уменьшения плотности измеряемого потока.

Действие 19

Зарегистрировать все результаты и параметры измерения в журнале и Карте А8.

Действие 20

Подготовить карты выпадений для отдельных радионуклидов.

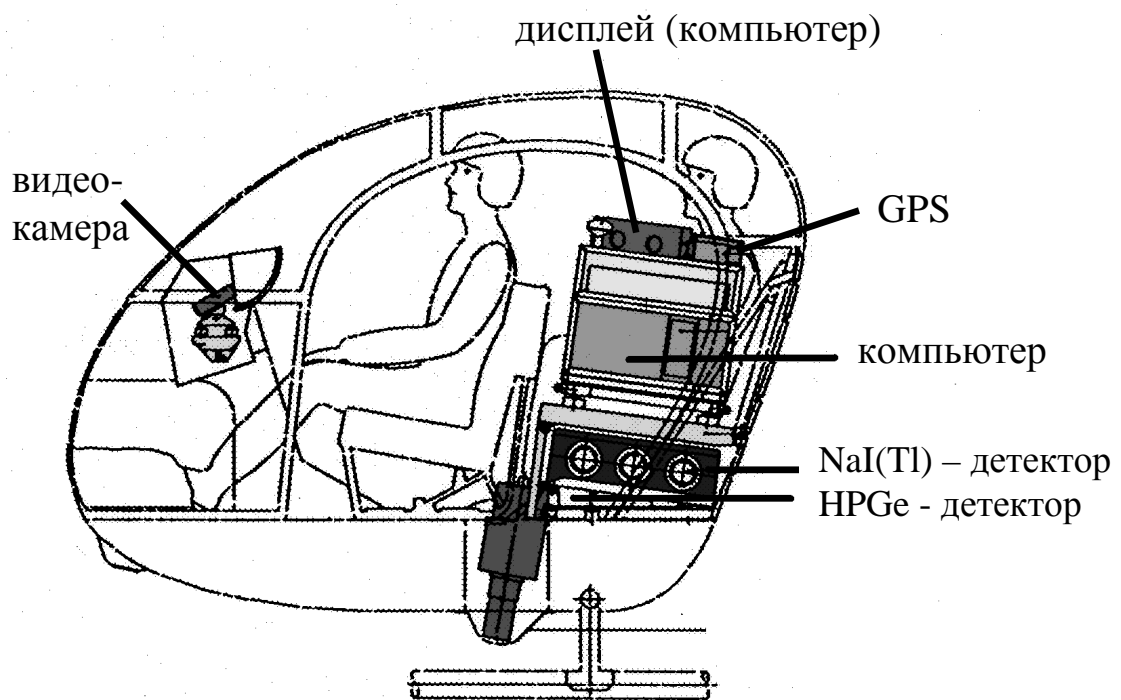
ПРИМЕЧАНИЕ

В общей инструкции, к которой относится настоящая, трудно представить конкретные детали всех действий для всех возможных методов оценки полученных данных. Результатом проведения разведки обычно является карта выпадений, в которой

очерчены изолинии поверхностной активности отдельных радионуклидов. Обычно такие карты готовятся с использованием соответствующих компьютерных программ или с помощью самостоятельно разработанных программ и процедур.

РИСУНОК А2

ПРИМЕР СИСТЕМЫ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИИ ДЛЯ ВОЗДУШНОЙ РАЗВЕДКИ



Примечание: Предоставлено Федеральным офисом по радиационной защите Германии.

| | | |
|-------------------------------------|---|------------|
| Выполняется: | ИНСТРУКЦИЯ А6а | Стр.1 из 3 |
| Группой спектрометрии in-situ | КАЛИБРОВКА СПЕКТРОМЕТРА ДЛЯ ВОЗДУШНОГО МОНИТОРИНГА | |

Цель

Откалибровать гамма-спектрометр с детектором HPGe для проведения воздушной разведки.

Обсуждение

Для того, чтобы оценить загрязнение почвы отдельными радионуклидами, гамма-спектрометр должен быть откалиброван. Процедура калибровки сходна с таковой, представленной для калибровки гамма-спектрометра in-situ (Инструкция Г1а).

Калибровочный коэффициент детектора (C_f), представляющий собой отношение уровня импульсов “чистого” пика характеристической гамма-линии к поверхностной концентрации (A_s) данного радионуклида, может быть выражен в виде результата умножения трех коэффициентов, каждый из которых может быть определен отдельно:

$$C_f = \frac{R_f}{R_0} \cdot \frac{R_0}{\Phi} \cdot \frac{\Phi}{A_s}$$

Где:

C_f = калибровочный коэффициент детектора

R_0/Φ = коэффициент отклика детектора; уровень импульсов пика вследствие единичной первичной плотности потока фотонов с энергией E , попадающего на детектор вдоль оси детектора

R_f/R_0 = коэффициент угловой поправки; необходим для учета углового отклика детектора

Φ/A_s = геометрический коэффициент; общая плотность потока фотонов, падающего на детектор, на единицу концентрации или количества радионуклидов

Полная процедура расчета калибровочного коэффициента детектора для спектрометра in-situ дана в [10,14]. Указанная процедура может также быть применена для калибровки гамма-спектрометра воздушной разведки с детектором HPGe.

Коэффициент отклика детектора R_0/Φ определяется путем проведения лабораторных измерений с использованием калибровочных точечных источников. Коэффициент угловой поправки R_f/R_0 определяется с помощью проведения лабораторных измерений угловой чувствительности детектора в сочетании с модельными расчетами углового распределения плотности потока, геометрический коэффициент Φ/A_s рассчитывается для различной высоты полета с помощью метода, описанного в [14].

Для того чтобы оценить загрязнение почвы, важно знать каким образом происходит распределение в ней радионуклидов. В большинстве случаев распределение искусственных радионуклидов в почве может быть описано функцией экспоненциального уменьшения распределения с увеличением глубины слоя залегания. При этом важным параметром является параметр релаксации α . Сразу после аварии на реакторе такие характеристики, как время-зависимое распределение радионуклидов в почве и их миграция в более глубокие слои играют незначительную роль. Используя в качестве допущения уровень поверхностного загрязнения, можно недооценить уровень концентрации радионуклидов в почве с фактором неопределенности до 2 [14].

Предостережения / Ограничения

Калибровка спектрометра для воздушной разведки должна проводиться заранее – до любого использования.

Приборы / Ресурсы

- Гамма-спектрометр для воздушной разведки
- Сертифицированные референсные точечные источники

Действие 1

Провести калибровку энергии спектрометра, используя Инструкцию Г2а.

Действие 2

Определить коэффициент отклика детектора R_0/Φ , используя Инструкцию Г1а, Действие 3.

Действие 3

Определить коэффициент угловой поправки R_f/R_0 , используя Инструкцию Г1а, Действие 4.

Действие 4

Использовать значения геометрического коэффициента Φ/A_s для пика в энергетическом спектре E и конкретной высоты полета из Рисунка А3. Эти значения соответствуют уровню загрязнения почвы без миграции радионуклидов в почву для различной высоты полета и обычно используются во время воздушной разведки. Значения геометрического коэффициента для другой высоты полета могут быть определены путем интерполяции между кривыми, либо используя процедуру, описанную в [10, 14].

Действие 5

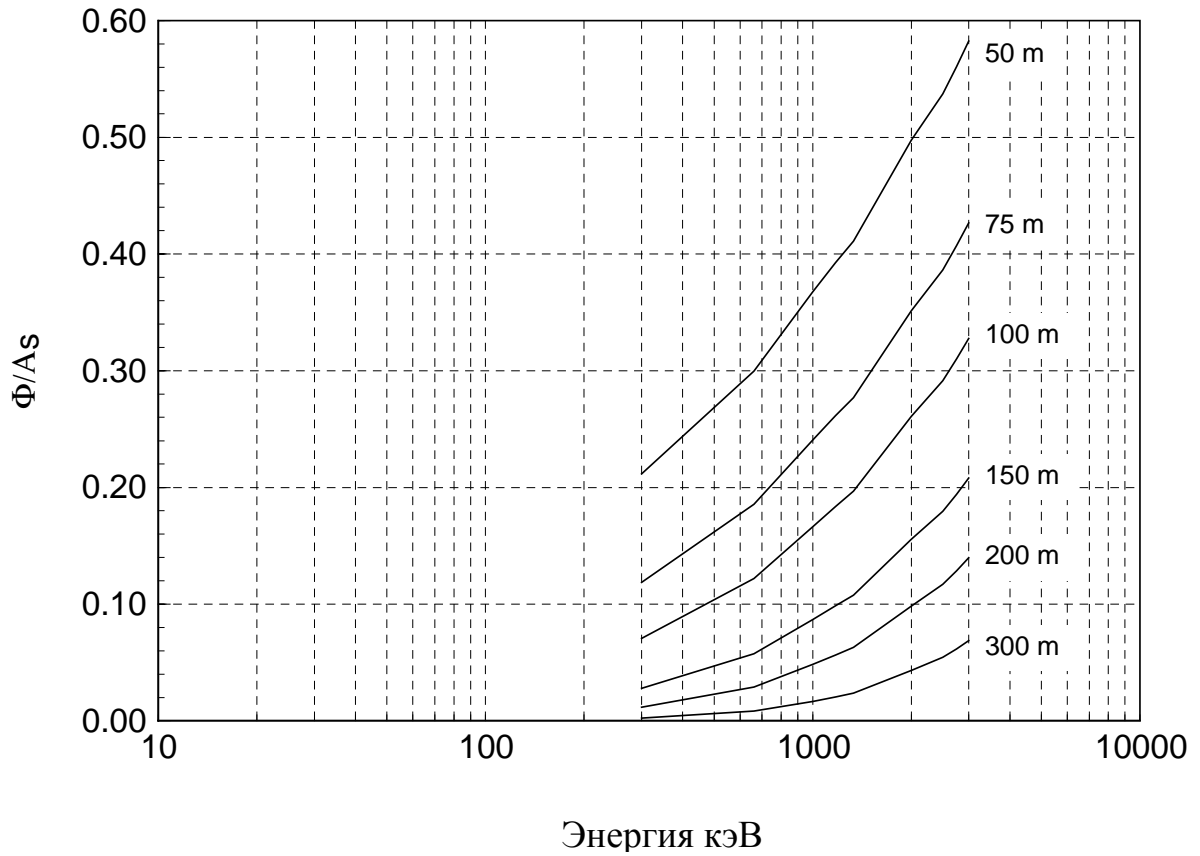
Рассчитать калибровочные коэффициенты детектора для различных энергий путем перемножения трех соответствующих коэффициентов:

$$C_f = \frac{R_f}{R_0} \cdot \frac{R_0}{\Phi} \cdot \frac{\Phi}{A_s}$$

Нанести на графике значения C_f против энергии для различной высоты полета, используя логарифмическую шкалу, и соединить точки плавными кривыми. Зарегистрировать все точки C_f и сохранить диаграмму в журнале спектрометра.

РИСУНОК А3

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ФАКТОР Φ/A_S КАК ФУНКЦИЯ ЭНЕРГИИ ФОТОНОВ ПРИ
РАСПРЕДЕЛЕНИИ РАДИОНУКЛИДОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ РАЗЛИЧНОЙ
ВЫСОТЫ ПОЛЕТА



| | | |
|---|--|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ А7 | <i>Стр. 1 из 8</i> |
| <i>Группой спектрометрии in- situ</i> | МОНИТОРИНГ ИСТОЧНИКА С ПОМОЩЬЮ ВОЗДУШНОЙ РАЗВЕДКИ | |

Цель

Обнаружить, определить местоположение и идентифицировать гамма-излучающий источник(и) на протяженной территории для того, чтобы обеспечить помещение источника в безопасное место, начать защитные мероприятия и/или мероприятия по очистке.

Обсуждение

Мониторинг с воздуха считается наиболее подходящим методом быстрого поиска на протяженных территориях. В этом случае наиболее предпочтительны NaI(Tl) детекторы. Однако также могут использоваться системы с ионизационной камерой под давлением, пропорциональными счетчиками, детекторами Гейгера-Мюллера или другими подходящими дозиметрами мощности дозы.

Необходимо знать отклик детектора как функцию энергии фотонов и угла падения (включая возможное экранирование самим вертолетом). Перед проведением мониторинга с воздуха следует откалибровать систему. Если используется спектрометр, – обращайтесь к Инструкции Г2а для калибровки энергии и Инструкции Аба для определения калибровочного коэффициента детектора. Если используется ионизационная камера под давлением, пропорциональный счетчик, детектор Гейгера-Мюллера или другой подходящий дозиметр – может быть применена упрощенная процедура калибровки. В этом случае быстрая и простая калибровка эффективности детектора для данной геометрии может быть осуществлена экспериментально посредством полетов над соответствующими референсными источниками.

При планировании любых поисковых действий следует рассмотреть следующие аспекты:

- i. Следует начать поиск с обследования территории предполагаемого нахождения источника; на этой территории, прежде всего, должны быть обследованы населенные места.
- ii. Интервал между траекториями полета и высота полета зависит от активности и количества источников, а также от чувствительности системы мониторинга.
- iii. Навигационные возможности самолета/вертолета.
- iv. Связь между наземными группами и командой самолета/вертолета.

В общем виде существует несколько различных возможностей проведения полета в зависимости от целей разведки. При проведении радиационной разведки с вертолета могут быть использованы следующие модели поиска:

Поиск параллельными курсами - ПК:

Описание: Параллельные прямые курсы длиной в несколько километров и расстоянием между курсами 300 м

Применение: Разведка плоского или холмистого ландшафта

Линейный поиск - ЛП:

Описание: Полет вдоль установленных линий (например, дорог, железнодорожных путей, рек) с параллельными курсами на расстоянии 300 м

Применение: Разведка вдоль линий транспортного движения

Контурный поиск - КП:

Описание: Полет вдоль географических линий

Применение: Разведка глубоко пересеченной или гористой местности

Проникающий поиск - ПП:

Описание: Полет от одного объекта местности к другому различными курсами

Применение: Быстрое определение границ загрязненной местности

Общие аспекты проведения поиска описаны в [2].

Трудно предоставить детальные инструкции для всех возможных типов систем спектрометрии с воздуха. Поэтому в данной инструкции представлена только общая процедура. В реальной ситуации инструкция должна быть переработана и адаптирована к конкретной используемой спектрометрической системе или дозиметру.

Резюме

| | |
|-------------------------|--|
| Объект анализа: | Гамма-излучающие радионуклиды |
| Геометрия: | Точечные источники на земле; полеты с системой гамма-спектрометрии для воздушной разведки, предпочтительно используя детекторы NaI(Tl), на вертолетах или самолетах |
| Виды проб: | Не требуется отбор проб |
| Матрица: | Почва, воздух |
| МДА: | Несколько сотен МБк (в зависимости от эффективности детектора, высоты полета, радионуклида и интервала между траекториями полета) |
| Время измерения: | 1-5 секунд на измерение (в зависимости от эффективности детектора, высоты полета, радионуклида) |
| Точность: | $\pm 30 - \pm 50$ % от активности при благоприятных условиях (в зависимости от структуры исследуемой местности, точности калибровки, времени измерения, условий окружающей среды, радионуклида, естественного радиационного фона, интервала между траекториями полета) |

Предостережения / Ограничения

НЕ изменять установки и настройки системы после калибровки.

Общей рекомендацией является осуществление полетов только при дневном свете, в условиях метеорологической видимости, видимость при полете 1,5 км или более, облака не ниже 150 м над поверхностью земли.

Все действия по мониторингу должны быть проведены таким образом, чтобы облучение персонала поддерживалось на разумно достижимом низком уровне. Члены группы должны быть осведомлены об уровнях дозовых рекомендаций по возвращению.

Приборы / Ресурсы

- Оборудование, общее для всех групп реагирования (Контрольный перечень А0)
- Система гамма-спектрометрии для воздушной разведки (Контрольный перечень А3)
- Вертолет или самолет

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

В настоящей Инструкции не обсуждаются действия пилотов вертолета или самолета при осуществлении полета, включая все необходимые разрешения, топливо и смазочные материалы, материально-техническое обеспечение и т.д. Летчики должны руководствоваться государственными распоряжениями в этой области.

Решения пилотов будут обязательными для членов Группы гамма-спектрометрии in-situ.

До отправления на место

Действие 1

- 1.1. Получить начальный инструктаж и назначение от Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога.
- 1.2. Получить соответствующее оборудование, используя Контрольные перечни А0 и А3.
- 1.3. Проверить приборы, используя Контрольный перечень А0.
- 1.4. Получить информацию о погодных условиях и прогнозе погоды.
- 1.5. Получить информацию о территории, которая будет обследоваться.
- 1.6. Получить информацию об используемой системе координат от Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога.

Действие 2

В соответствии с инструкциями Специалиста по мониторингу окружающей среды / Специалиста-радиолога:

- 2.1. Включить кнопку тревоги на прямопоказывающих дозиметрах.
- 2.2. Надеть соответствующие средства индивидуальной защиты.

Проверки перед полетом

Действие 3

Осмотреть систему воздушной гамма-спектрометрии на предмет видимого физического повреждения.

Действие 4

Выбрать соответствующее положение установки детектора для уменьшения экранирования от топливного бака и/или других деталей вертолета или самолета.

Действие 5

Проверить установку и крепеж соединений системы спектрометрии (кабели, их соединения и т.п.) в вертолете или самолете.

Действие 6

Проверить электрическое питание всей системы, включая радар высотомер и спутниковую систему определения координат, а также подсоединение к бортовой электрической сети. Если спектрометр работает на батарейках - проверить батарейки.

Действие 7

Включить систему, проверить базовые параметры в соответствии с инструкциями (руководством) изготовителя, или разработанными самостоятельно.

Действие 8

Установить соответствующие параметры измерения, т.е. энергетические диапазоны, время измерения, конфигурацию данных для цикла хранения.

ПРИМЕЧАНИЕ

Рассмотреть возможность установки порогового уровня скорости счета, при достижении которого будет подаваться визуальный и/или слуховой сигнал, предупреждающий о превышении уровня счета в энергетическом диапазоне. Прибор должен характеризоваться быстрой установкой показаний (менее или равно 5 сек). Время одного цикла измерений зависит от эффективности детектора, высоты полета и активности детектируемого источника. В большинстве случаев время циклических измерений составляет 1-5 сек.

Действие 9

- 9.1. Провести проверку работы радиосвязи перед отбытием по назначению.
- 9.2. Проверить GPS.
- 9.3. Проверить радар высотомер, при необходимости откалибровать прибор.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

В настоящей Инструкции не обсуждаются действия пилотов вертолета или самолета при осуществлении полета, включая все необходимые разрешения, топливо и смазочные материалы, материально-техническое обеспечение и т.д. Летчики должны руководствоваться государственными распоряжениями в этой области.

Решения пилотов будут обязательными для членов Группы гамма-спектрометрии in-situ.

Действие 10

Регистрировать все относящиеся к делу данные в журнале.

Измерение

Действие 11

Лететь к территории разведки, начать измерения и следовать predetermined направлениям полета, полученным от Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога.

В зависимости от ситуации и требований государственных властей рекомендуются следующие параметры полета:

- i. Высота полета: обычно 90 – 120 м над уровнем земли (при использовании вертолета) в зависимости от ландшафта (деревья, строения, линии

электропередач и т.д.). Высота полета должна быть постоянной, насколько это возможно. При полете вертолета над рельефной местностью необходимо пытаться следовать рельефу (безопасность прежде всего!). При полете на самолете высота обычно больше.

- ii. Скорость полета: в соответствии с характеристиками используемого вертолета или самолета. В большинстве случаев при использовании вертолета рекомендуется скорость полета 60-150 км/час.

Действие 12

Постоянно наблюдать за показаниями системы измерения.

ПРИМЕЧАНИЕ

Измеряемые значения импульсов или мощности дозы могут варьировать в пределах фактора 2 вследствие различных уровней естественной радиоактивности почвы, а также во время сильного дождя и вымывания дочерних продуктов радона.

Действие 13

Если скорость счета или значения мощности дозы по показаниям дозиметра превышают predetermined уровень (например, по крайней мере, в два раза превышают фоновый счет или мощность дозы), следует возвратиться к месту выявления указанного отклонения и сузить сетку площади поиска для более точного определения местоположения источника.

ПРИМЕЧАНИЕ

Наушники обычно могут служить дополнительной звуковой поддержкой (преобразование линейной скорости счета в логарифмическую шкалу децибел). При наличии принтера следует распечатать, по крайней мере, результаты измерений в месте обнаружения наиболее высоких значений, а также соответствующие координаты (широта, долгота) и высоту полета над уровнем земли. Может быть полезной карта маршрута полета.

Действие 14

Информировать Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога о месте возможного расположения источника и оценке его активности. Следовать инструкциям Специалиста по мониторингу окружающей среды / Специалиста-радиолога.

ПРИМЕЧАНИЕ

При поступлении распоряжений от Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога в некоторых случаях может оказаться уместным произвести посадку, а затем членам экипажа вертолета определить расположение источника более точно с помощью ручных дозиметров. Регулярно сообщать Специалисту по мониторингу окружающей среды/Специалисту-радиологу новую информацию о полученных результатах и расположении.

Действие 15

Продолжать поиск до определения местоположения всех источников.

Проверки во время проведения разведки

Во время разведки следует проводить проверки в соответствии с инструкциями (руководством) производителя, т.е. проверять усиление, высоковольтное питание, положение пика, смещение энергии в спектре и т.д. В качестве альтернативы разработайте свои собственные этапы проведения необходимых проверок во время разведки.

После окончательного приземления

Действие 16

Перепроверить базовые параметры системы в соответствии с инструкциями (руководством) изготовителя. Зарегистрировать все относящиеся к делу данные в журнале.

Действие 17

Обеспечить наличие данных в быстро доступном для использования формате. Делать копии всех данных измерений.

Действие 18

Проверить радиоактивное загрязнение вертолета или самолета, а также приборов, используя Инструкцию А5.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Если вертолет или самолет приземлился на загрязненной территории, то следует проявить осторожность для уменьшения наружного загрязнения и предотвращения внутреннего загрязнения кабины. Приземление на загрязненную поверхность может быть нецелесообразным.

Анализ при использовании спектрометра

ПРИМЕЧАНИЕ

Если используется ионизационная камера высокого давления, пропорциональный счетчик, счетчик Гейгера-Мюллера или другие соответствующие дозиметры – перейти к Действию 22.

При использовании вышеуказанных детекторов следует экспериментально определить эффективность детектора для данной геометрии путем проведения полетов над соответствующими референсными источниками.

Действие 19

Определить “чистые” пики для линий спектра.

- 19.1. Суммировать все импульсы в соответствующей анализируемой области
- 19.2. Рассчитать среднее значение фоновых импульсов с двух сторон пика по трем каналам
- 19.3. Для получения значения пика фонового счета умножить рассчитанное среднее значение на число каналов в пике
- 19.4. Для получения “чистого” пика вычесть фоновый счет из общего количества импульсов пика

ПРИМЕЧАНИЕ

Вышеуказанный алгоритм применим только для отдельных пиков. Определение площади перекрывающихся пиков требует использования более сложных развернутых методов, а также компьютеров.

Действие 20

Идентифицировать источники на основании энергий, определенных в спектре. Такие данные, как период полураспада радионуклида, энергия гамма излучения и соответствующие вероятности испускания частиц, могут быть найдены в электронных или твердых копиях соответствующих справочников о радионуклидах. Сделать распечатку энергий, “чистых” значений пиков, связанных с ними статистических ошибок счета и соответствующих радионуклидов (См. Инструкцию Г1 и Г2).

Действие 21

Оценить активность источника, используя следующую формулу:

$$A = \frac{(N - N_b) \cdot 4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot 10^{-2}}{t \cdot p_\gamma \cdot \frac{R_o}{\Phi} \cdot e^{-\mu_a \cdot d} \cdot SF}$$

Где:

A = активность источника [МБк]

N = импульсы в пике с энергией E

N_b = фоновые импульсы в пике с энергией E

t = время измерения [сек]

R_o/Φ = коэффициент отклика (Инструкция А6а)

p_γ = излучающая способность нуклида при энергии E

μ_a = линейный коэффициент ослабления в воздухе гамма излучения энергии E [м⁻¹]

SF = коэффициент экранирования

d = оцененное расстояние между детектором и источником:

$$d = \sqrt{h^2 + d_o^2}$$

d_o = оцененное расстояние по горизонтали [м]

h = высота [м]

ПРИМЕЧАНИЕ

Присутствие в формуле коэффициента экранирования позволяет сделать коррекцию на ослабление фотонов в составных частях и материалах вертолета/самолета, через которые проходят гамма-лучи перед тем, как быть измеренными. Коэффициент должен быть рассчитан для данного летательного аппарата и условий измерения. Получить точное значение SF трудно, поскольку сложная структура может исказить цилиндрическую симметрию радиационного поля, на которой основывается оценка. Эффект анизотропии и общего ослабления плотности потока может быть определен в лучшей степени путем измерения точечных источников с различной энергией фотонов. При отсутствии экспериментальных данных, можно аппроксимировать значение SF, используя формулу:

$$SF = e^{-\mu_x \cdot d_x}$$

где μ_x – среднее значение линейного коэффициента ослабления для данной энергии фотонов и d_x – средняя толщина материала, через который проходят гамма-лучи.

Следует отметить, что, вследствие указанных выше причин, можно определить значение SF только с относительно большой неопределенностью. Основная причина использования коэффициента в формуле – определение степени возможной недооценки уровня загрязнения. В этом смысле, используя в качестве μ_x наибольшее значение из возможных для линейного коэффициента ослабления и в качестве d_x - самую большую толщину материала из тех, которые пересекают лучи, будет получено пороговое значение уменьшения плотности измеряемого потока.

Анализ при использовании дозиметра для измерения мощности дозы

Действие 22

При регистрации наиболее высоких показаний прибора определить “чистую” скорость счета или “чистую” мощность дозы путем вычитания фонового счета или фоновой мощности дозы на высоте полета.

Действие 23

Оценить активность источника, используя следующую формулу:

$$A = \frac{R}{\varepsilon}$$

Где:

A = активность источника [МБк]

R = “чистая” скорость счета или “чистая” мощность дозы [сек⁻¹]

ε = эффективность прибора для данной геометрии (импульсы [сек⁻¹] / МБк или единица мощности дозы / МБк)

Действие 24

Зарегистрировать все результаты и соответствующие параметры в журнале и Карте А9.

| | | |
|--|--------------------------------------|--------------------|
| <i>Выполняется: Членами полевых групп или Группой индивидуального мониторинга и дезактивации</i> | ИНСТРУКЦИЯ А8 | <i>Стр. 1 из 2</i> |
| | ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ | |

Цель

Контролировать индивидуальное облучение и загрязнение персонала, принимающего участие в реагировании, и в частности, групп полевого мониторинга; проводить мониторинг кожных покровов и одежды лиц из зоны аварии до, во время и после дезактивации; проводить мониторинг щитовидной железы на поглощение радиоактивного йода.

Обсуждение

Во время ограничения аварии следует проводить мониторинг индивидуальных доз членов групп мониторинга и другого персонала аварийного реагирования, а также контроль их облучения. Кроме того, должны быть осуществлены защитные мероприятия для минимизации индивидуального загрязнения кожных покровов и одежды, а также поступления радионуклидов ингаляционным, пероральным путем и вследствие абсорбции через кожные покровы или рану.

Может потребоваться проведение контроля или скрининга индивидуального загрязнения представителей населения, проживающего или прибывшего с пострадавших территорий.

Члены групп мониторинга, входящие в зону аварии, должны носить индивидуальные дозиметры (ТЛД, фотоплёночные, стеклофосфатные). Желательно использование прямопоказывающего индивидуального дозиметра, поскольку он позволяет сразу отразить полученную дозу. В качестве альтернативы могут использоваться показания дозиметра мощности дозы в сочетании с данными о времени, проведенном в зонах с повышенными уровнями мощности дозы, что может помочь при осуществлении индивидуального дозиметрического контроля. В ситуациях, сопровождающихся потенциальной возможностью облучения радиойодом, прием стабильного йода до облучения (предпочтительно), либо как можно скорее после облучения (в течение нескольких часов) может уменьшить дозу на щитовидную железу. Указанные меры следует выполнять в сочетании с использованием индивидуальной защитной одежды, защитой органов дыхания, предосторожностями для контроля загрязнения.

Предостережения / Ограничения

Всегда сознавайте опасность, которой вы можете подвергнуться в полевых условиях, и применяйте необходимые меры предосторожности. Никогда не пытайтесь проводить какие-нибудь действия в полевых условиях без соответствующих средств защиты. Всегда знайте, как эти средства использовать.

Все действия по мониторингу должны быть проведены таким образом, чтобы облучение персонала поддерживалось на разумно достижимом низком уровне. Члены группы должны быть осведомлены об уровнях дозовых рекомендаций по возвращению. Дозовые рекомендации по возвращению являются рекомендациями, а не пределами. При их применении следует руководствоваться здравым смыслом.

После завершения острой фазы аварии следует подтвердить общую дозу, полученную аварийным рабочим (в течение острой фазы) до того, как ему будет разрешено осуществлять дальнейшую деятельность, которая может повлечь за собой дополнительное облучение.

Приборы / Ресурсы

- Оборудование, общее для всех групп реагирования (Контрольный перечень А0)
- Оборудование Группы индивидуального мониторинга и дезактивации (Контрольный перечень А2)

Действие 1

Перейти к соответствующей Инструкции, используя нижеследующую таблицу:

| В случае проведения следующего: | Использовать Инструкцию: |
|---|---------------------------------|
| Индивидуальная дозиметрия – внешняя | А8а |
| Мониторинг щитовидной железы | А8б |
| Индивидуальный мониторинг загрязнения | А8в |
| Индивидуальный мониторинг дезактивации | А8г |

| | | |
|---|--|-------------|
| Выполняется: Членами полевых групп или Группой индивидуального мониторинга и дезактивации | ИНСТРУКЦИЯ А8а | Стр. 1 из 3 |
| | ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ДОЗИМЕТРИЯ - ВНЕШНЯЯ | |

Цель

Контролировать внешнее облучение реагирующего персонала.

Обсуждение

В процессе реагирования на аварию важно избежать необоснованного облучения реагирующего персонала; регистрировать и контролировать облучение персонала; санкционировать вход персонала в зоны высокой мощности дозы; использовать защиту временем, расстоянием и экранами для уменьшения облучения аварийных рабочих; иметь информацию о мощности амбиентной дозы в местах работы персонала, индивидуальных дозах, накопленных персоналом за время работы; контролировать непревышение predetermined дозовых пределов.

Предостережения / Ограничения

Полевые группы должны быть обучены вопросам радиационной защиты и осознавать риск, с которым они сталкиваются. Все члены групп должны строго следовать Инструкции А9.

Приборы / Ресурсы

- Оборудование, общее для всех групп (Контрольный перечень А0)
- Оборудование Группы индивидуального мониторинга и дезактивации (Контрольный перечень А2)

Действие 1

Внести ваши индивидуальные данные, а также параметры индивидуального дозиметра в вашу индивидуальную дозиметрическую форму (Карта А5).

Действие 2

Приколоть или прикрепить индивидуальный дозиметр к нагрудному карману под защитной одеждой.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если существует вероятность, что дозиметр будет загрязнен радионуклидами, либо промокнет под дождем, его следует поместить в защитную пластиковую оболочку.

Действие 3

Осуществить следующие действия в зависимости от вида используемого прямопоказывающего дозиметра.

Прямопоказывающий электронный дозиметр

- 3.1. Вставить новую батарейку и включить дозиметр. При наличии соответствующего инструктажа установить сигнал звуковой тревоги на predetermined дозовый предел.
- 3.2. Поместить дозиметр в нагрудный карман под защитной одеждой.

- 3.3. Обратить внимание на частоту сигналов звукового индикатора. Отметить увеличение частоты сигналов, так как это свидетельствует об увеличении мощности амбиентной дозы вблизи вашего местоположения. Сопоставить частоту сигналов со значением мощности дозы.
- 3.4. Если во время полевых действий ваш дозиметр подал сигнал тревоги, немедленно выйти из зоны поражения и передать на базу информацию о ситуации и вашем состоянии.
- 3.5. Периодически (в соответствии с заранее согласованным расписанием) проверять показания вашего дозиметра и регистрировать детали в вашей индивидуальной дозиметрической форме (Карта А5).

Кварцевые волоконные электронные дозиметры

- 3.1. Установить показания дозиметра на ноль. Если возможность обнуления отсутствует, записать исходное показание в вашей индивидуальной дозиметрической форме (Карта А5).
- 3.2. Поместить дозиметр в нагрудный карман под защитной одеждой.
- 3.3. Периодически (в соответствии с заранее согласованным расписанием) проверять показания вашего дозиметра и регистрировать детали в вашей индивидуальной дозиметрической форме (Карта А5).
- 3.4. Немедленно докладывать на базу при обнаружении любых значительных показаний дозиметра (превышающих predetermined уровни).

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

После удара дозиметры на кварцевых волокнах могут показать ложно высокие значения. Информировать Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога.

Дозиметр измерения мощности дозы с возможностью накапливать показания

- 3.1. Включить дозиметр перед входом в пострадавшую зону и оставить его включенным в течение всего времени пребывания в зоне.
- 3.2. Постоянно через предписанные интервалы регистрировать показания накопленной дозы в вашей индивидуальной дозиметрической форме (Карта А5).
- 3.3. Немедленно докладывать на базу при обнаружении любых значительных показаний дозиметра (превышающих predetermined уровни).

ПРИМЕЧАНИЕ

Некоторые дозиметры, измеряющие мощность дозы, имеют возможность накапливать показания. В некоторые из них могут быть установлены дозовые пределы, при достижении которых подается сигнал тревоги.

Дозиметр мощности дозы

- 3.1. Включить ваш дозиметр перед входом в пострадавшую зону.
- 3.2. Постоянно регистрировать показания мощности дозы вблизи от вас и время, проведенное в зонах повышенных уровней мощности дозы (Карта А5).

- 3.3. Постоянно оценивать накопленную вами дозу на основании данных о мощности дозы и времени, проведенном в зоне, регистрировать дозу в вашей индивидуальной дозиметрической форме (Карта А5).
- 3.4. Немедленно докладывать на базу при обнаружении любых значительных показаний дозиметра (превышающих predetermined уровни).

ПРИМЕЧАНИЕ

Если у вас нет прямопоказывающего дозиметра, то для мониторинга индивидуального облучения вы можете использовать дозиметр мощности дозы.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Если вы зарегистрировали указанные в Инструкции А9 значения мощности дозы или достигли указанного там же значения накопленной дозы, немедленно сообщите о показаниях на базу и следуйте инструкциям Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога.

Действие 4

Следовать указаниям лица, выполняющего функции вашего инспектора/наблюдателя в полевых условиях.

Действие 5

По окончании вашей смены подписать индивидуальную дозиметрическую форму (Карта А5) и вернуть ее назначенному должностному лицу.

| | | |
|---|-------------------------------------|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ А86 | <i>Стр. 1 из 2</i> |
| <i>Группой индивидуального мониторинга и дезактивации</i> | МОНИТОРИНГ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ | |

Цель

Проводить мониторинг поглощения радиоактивного йода щитовидной железой.

Обсуждение

Йод, попавший внутрь организма ингаляционно или с пищевыми продуктами, концентрируется в щитовидной железе, которой он необходим для выполнения присущих органу функций. Таким образом, радиоактивный йод, попавший внутрь организма, накапливается в щитовидной железе и может способствовать развитию рака щитовидной железы. Прием стабильного (нерадиоактивного) йода до облучения, либо в течение первых нескольких часов после облучения (йодная профилактика) блокирует щитовидную железу, уменьшая поглощение радиойода, который затем быстро выводится из организма. Полное описание йодной профилактики представлено в [11].

Предостережения / Ограничения

Полевые группы должны быть обучены вопросам радиационной защиты и осознавать риск, с которым они сталкиваются. Все члены групп должны строго следовать Инструкции А9.

Группы, проводящие измерения, не должны участвовать в раздаче стабильного йода населению, исключая ситуации помощи медицинским группам.

Приборы / Ресурсы

- Прибор с детектором NaI(Tl)
- Оборудование, общее для всех групп реагирования (Контрольный перечень А0)
- Оборудование Группы индивидуального мониторинга и дезактивации (Контрольный перечень А2)

Действие 1

Провести контроль качества работы прибора с детектором NaI (Инструкция А0).

Действие 2

Поместить детектор NaI(Tl) у шеи и проводить измерение между кадыком и перстневидным хрящом (твердый хрящ вблизи гортани на передней поверхности шеи - см. Рис. А4). Дотронуться до шеи детектором для соблюдения фиксированной и воспроизводимой геометрии. Использовать целлофан и бумажные салфетки для того, чтобы избежать загрязнения детектора.

ПРИМЕЧАНИЕ

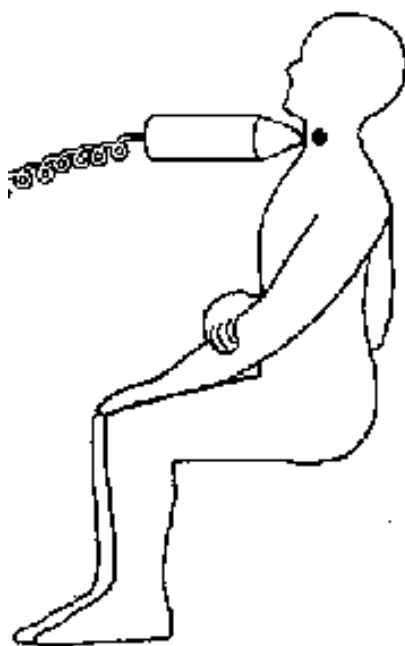
Для экранирования фона рекомендуется использовать свинцовый коллиматор.

Действие 3

Зарегистрировать результаты измерения в Карте А6. Если счет прибора превышает “нормальный” фоновый, следует подумать о возможном наличии радиойода в щитовидной железе (т.е. если разница между счетом над щитовидной железой и

фоновым счетом положительна в пределах статистической достоверности). В таком случае следует дать измеряемому стабильный йод и транспортировать его в соответствующее медицинское учреждение для дальнейшей оценки. Если результат определения наличия радиоактивного йода в железе отрицательный, человека можно отпустить.

РИСУНОК А4
СКАНИРОВАНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ РАДИОЙОДА ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗОЙ



| | | |
|---|--|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ А8в | <i>Стр. 1 из 4</i> |
| <i>Группой индивидуального мониторинга и дезактивации</i> | ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ | |

Цель

Проводить мониторинг радиоактивного загрязнения кожных покровов и одежды лиц из зоны аварии.

Обсуждение

Аварийный персонал, находившийся в зоне аварии, где произошла утечка или воздушный выброс радиоактивных веществ, нуждается в мониторинге радиоактивного загрязнения кожных покровов и одежды после выхода из зоны. Следует проверить также использовавшиеся оборудование и транспортные средства (Инструкция А5).

Люди, проживающие или работающие на пострадавшей территории, также могут оказаться загрязненными радиоактивными веществами. В тех случаях, когда это предполагается, следует провести мониторинг радиоактивного загрязнения их кожных покровов и одежды. Мониторинг может быть проведен непосредственно на месте, либо на предназначенном пункте контроля радиоактивного загрязнения, либо по прибытии в эвакуационные центры.

Предостережения / Ограничения

При помощи лицам, нуждающимся в неотложной медицинской помощи и имеющим вероятность быть радиоактивно загрязненными, первоочередное внимание следует уделить медицинскому состоянию и лечению, даже если это может привести к последующему радиоактивному загрязнению лиц, оказывающих первую помощь, членов бригады медицинской помощи, другого медицинского и парамедицинского персонала. Если медицинский персонал применяет стандартные методы индивидуальной защиты при обращении с больными с кровотечениями, это может помочь контролю радиоактивного загрязнения.

Используемые приборы для проведения мониторинга радиоактивного загрязнения должны позволять определить наличие и измерить уровень загрязнения в рамках установленных пределов загрязнения кожных покровов и одежды.

Помните, что большинство радиометров загрязнения достаточно быстро перегружается.

Приборы / Ресурсы

- Оборудование, общее для всех групп реагирования (Контрольный перечень А0)
- Оборудование Группы индивидуального мониторинга и дезактивации (Контрольный перечень А2)

Действие 1

Провести контроль качества работы радиометра загрязнения, используя Инструкцию А0.

Действие 2

Включить звуковой индикатор прибора и поместить датчик в легкий пластиковый пакет, либо обернуть его для предотвращения радиоактивного загрязнения. Не закрывать окно датчика.

ПРИМЕЧАНИЕ

Выполнение вышеуказанного действия является желательным, но не обязательным. Для получения пригодных результатов как раз на приемлемых уровнях прибор должен иметь активную поверхность размером хотя бы 20 см².

Действие 3

Периодически определять фоновый уровень радиации в месте проведения мониторинга и регистрировать результаты в Карте А6.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Если показания прибора превышают “нормальный фоновый уровень” более, чем в 10 раз, найти более защищенное место.

Действие 4

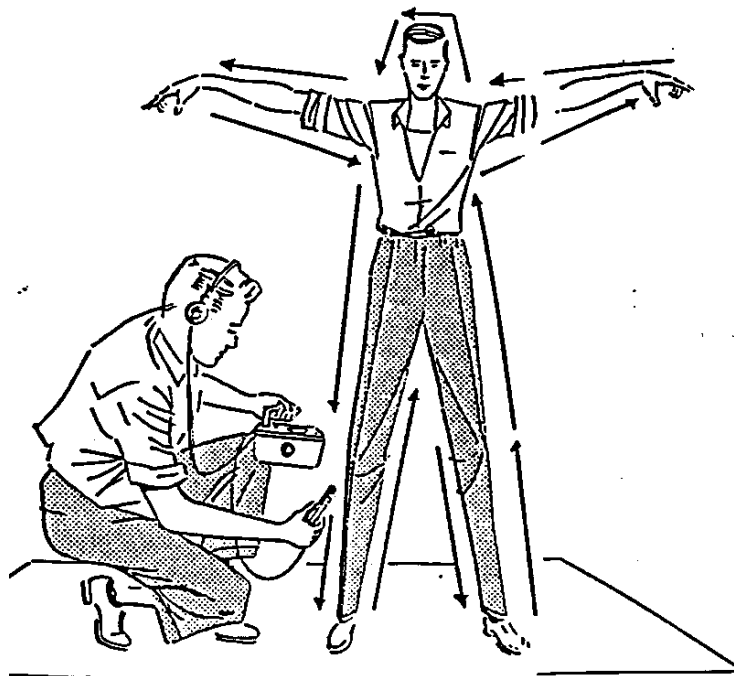
Поместить датчик примерно на 1 см над поверхностью тела человека, соблюдая предосторожность, чтобы не дотронуться до него/нее. Начиная с макушки головы, перемещать датчик вниз по одной стороне шеи, вдоль воротника, наружной стороны плеча, предплечья, запястья, руки, внутренней стороны поверхности руки, подмышечной впадины, боковой поверхности тела, ноги, обшлага брюк, обуви. Провести мониторинг внутренней поверхности ног и другой стороны тела, как указано на Рисунке А5. Провести мониторинг передней и задней поверхностей туловища. Обратить особое внимание на ступни, ягодицы, локти, руки и лицо. Датчик следует перемещать со скоростью примерно 5 см в секунду. Любое радиоактивное загрязнение будет выявлено, прежде всего, с помощью звукового индикатора. В условиях повышенного шума может быть полезно использование наушников.

ПРИМЕЧАНИЕ

Результаты измерений загрязнения кожных покровов и одежды могут быть усреднены на площади поверхности 100 см², измерений рук - на 30 см², измерений пальцев - на 3 см².

Для мониторинга альфа-излучения поместить датчик менее чем на 0,5 см от поверхности туловища.

В неотложных случаях следует провести мониторинг открытых кожных покровов, а затем сменить одежду пострадавшему. Мониторинг потенциально загрязненной радионуклидами одежды можно провести позднее. Следует помочь пострадавшему сменить одежду, а также обеспечить его перчатками для предупреждения распространения радиоактивности в случае подозрения на значительное радиоактивное загрязнение.

РИСУНОК А5
ТЕХНИКА "ОБЫСКА"**Действие 5**

В случае выявления загрязнения зарегистрировать результаты в Карте А6. Следует также зарегистрировать размер измеряемой поверхности (активная поверхность детектора). Провести дезактивацию в соответствии с Инструкцией А8г.

В случаях отсутствия установленных государственными компетентными органами пределов загрязнения поверхностей, предлагается использование следующих установленных по умолчанию значений.

ТАБЛИЦА А1 ДЕЙСТВУЮЩИЕ УРОВНИ ВМЕШАТЕЛЬСТВА ДЛЯ
ЗАГРЯЗНЕНИЯ КОЖНЫХ ПОКРОВОВ И ОДЕЖДЫ [12]

| Загрязнители | Действующие уровни вмешательства ^(а) [Бк/см ²] |
|----------------------------------|--|
| Обычные бета/гамма излучатели | 4 |
| Менее токсичные альфа излучатели | 0,4 |
| Более токсичные альфа излучатели | 0,4 |

- (а) При использовании обычного ручного датчика попытка измерить указанные уровни займет несколько минут. В случае безотлагательной ситуации умножьте значения уровней на 10, рекомендуйте помыть руки и сменить одежду, а также помыть волосы.

ПРИМЕЧАНИЕ

В случае наличия неизвестных альфа-излучателей используйте уровень вмешательства, равный 0,4. Если детектор не может различить отдельно альфа- и бета-излучения, поместите лист бумаги между детектором и источником. Если показания уменьшатся, можно заключить о присутствии альфа-излучения.

Действие 6

Следует провести мониторинг всех личных вещей, включая часы, сумку, деньги, ГЛД, оружие. Загрязненные вещи должны быть помещены в пакет и помечены для дезактивации. Загрязненная личная одежда может быть снята, помещена в пакет, помечена, а в замену следует предоставить чистую одежду (обычно через общественные благотворительные организации).

ПРИМЕЧАНИЕ

Может понадобиться предоставление квитанций на изъятые вещи.

Особые случаи радиоактивного загрязнения раненых**Действие 7**

Проводя быструю оценку радиоактивного загрязнения, тем самым помочь медицинскому персоналу в оценке и первичном уходе за пострадавшим.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Наличие радиоактивного загрязнения не должно препятствовать проведению обычных мероприятий первой помощи.

Действие 8

Если требуется немедленная доставка пострадавшего в больницу, назначить члена группы сопровождающим машину скорой помощи или организовать помощь в госпитале силами группы мониторинга.

Действие 9

Сообщить сотрудникам скорой медицинской помощи об уровнях загрязнения пострадавшего. Может потребоваться проведение дезактивации в больнице. Для уменьшения распространения загрязнения следует на время транспортировки в больницу завернуть пострадавшего в одеяло или другое подходящее покрывало.

ПРИМЕЧАНИЕ

Может потребоваться выбор материала покрывала, используемого для заворачивания загрязненного радионуклидами пострадавшего. Это связано с необходимостью избежать перегревания/теплового удара.

Действие 10

Если необходимо, заполнить Карту А6 и предоставить ее персоналу скорой медицинской помощи для транспортировки вместе с пострадавшим.

| | | |
|---|---|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ А8г | <i>Стр. 1 из 3</i> |
| <i>Группой индивидуального мониторинга и дезактивации</i> | МОНИТОРИНГ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ДЕЗАКТИВАЦИИ | |

Цель

Проводить мониторинг лиц, которые нуждаются в индивидуальной дезактивации.

Обсуждение

Аварийный персонал, получивший радиоактивное загрязнение, обычно должен пройти дезактивацию на пункте контроля радиоактивного загрязнения на выходе из зоны аварии. Другие лица, получившие радиоактивное загрязнение, должны направляться на пункт контроля радиоактивного загрязнения.

Проводящий мониторинг персонал может помогать, либо не помогать проведению индивидуальной дезактивации, в зависимости от степени тяжести ситуации. В случае тяжелой аварии будут назначены отдельно группы индивидуального мониторинга и группы дезактивации. В случае небольших аварий персонал, проводящий мониторинг, может помогать в проведении дезактивации. Данная инструкция подчеркивает необходимость подтверждения достигнутого в процессе дезактивации уровня радиоактивного загрязнения путем проведения мониторинга в процессе и после проведения дезактивации.

Желательно удалить все радиоактивное загрязнение, а также снять загрязненную одежду. Однако если это невозможно, следует зарегистрировать уровни дезактивации и осуществленные защитные меры для возможной последующей оценки доз или последующего наблюдения.

Предостережения / Ограничения

Следует знать, что все используемые в процессе дезактивации материалы могут стать загрязненными. Поэтому с ними следует обращаться соответствующим образом. Следует проявлять осторожность для предотвращения распространения загрязнения на другие территории.

Все действия по мониторингу должны проводиться в зонах с низкими уровнями мощности дозы. В этих условиях следует избегать ненужного облучения.

Приборы / Ресурсы

- Оборудование, общее для всех групп реагирования (Контрольный перечень А0)
- Оборудование Группы индивидуального мониторинга и дезактивации (Контрольный перечень А2)

Действие 1

Провести контроль качества работы прибора, используя Инструкцию А0.

Действие 2

Просмотреть данные Карты А6 и провести повторный мониторинг человека таким же образом, как указано в Инструкции А8в.

ПРИМЕЧАНИЕ

Мониторинг радиоактивного загрязнения следует осуществлять путем медленного перемещения детектора над поверхностью тела человека. Уровень поверхностного загрязнения выше 4 Бк/см^2 общей бета- и гамма-активности, усредненный на площади 100 см^2 , указывает на необходимость проведения дезактивации (См. Таблицу А1).

Действие 3

Проверить эффективность и ход дезактивации путем мониторинга участков загрязнения для определения степени их дезактивации.

ПРИМЕЧАНИЕ

Смотрите Таблицу А2 относительно руководства по индивидуальной дезактивации.

Действие 4

После начальных и повторных попыток дезактивации следует провести последующую оценку для подтверждения удаления радиоактивного загрязнения или достижения уровня загрязнения ниже 4 Бк/см^2 общей бета- и гамма-радиоактивности или ниже 0.4 Бк/см^2 альфа-активности или другого уровня, установленного государственным компетентным органом.

Действие 5

Заполнить форму индивидуальной дезактивации (Карта А7).

ПРИМЕЧАНИЕ

Мониторинг, процедуры дезактивации, формы документации (Карты) идентичны для населения и аварийных рабочих.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Вся загрязненная одежда должна быть осторожно помещена в пластиковые или бумажные пакеты для уменьшения вторичного загрязнения территории, помечена соответствующим образом и складирована на охраняемой территории.

8 ТАБЛИЦА А2 РУКОВОДСТВО ПО ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ДЕЗАКТИВАЦИИ

| Участки загрязнения | Метод* | Техника | Примечания** |
|-----------------------------|---|--|--|
| Кожные покровы, руки и тело | Мыло и холодная вода | Мыть 2-3 минуты и проверить уровень активности. Повторить мытье 2 раза. | Мыть руки, плечи и лицо над раковиной. Использовать душ для мытья всего тела. |
| | Мыло, мягкая щетка и холодная вода, сухие абразивы, такие как мука грубого помола | Обильно намыливать и слегка прижимать щетку. Мыть по 2 минуты 3 раза, прополоскать и провести мониторинг. Проявлять осторожность, чтобы не вызвать раздражение кожи. Сделать пасту. Использовать с добавлением воды. | После дезактивации использовать ланолин или крем для рук для предотвращения образования трещин.*** |
| | Стиральный порошок или аналогичный детергент, стандартный промышленный очиститель кожных покровов | Проявлять осторожность, чтобы не вызвать раздражение кожи. Осуществлять осторожные скребковые движения. Проявлять осторожность, чтобы не вызвать раздражение кожи. | После дезактивации использовать ланолин или крем для рук для предотвращения образования трещин.*** |
| Глаза, уши, рот | Промывание | Глаза: Отвернуть веки и осторожно промыть водой. Уши: Прочистить наружный слуховой проход ватными тампонами. Рот: Прополоскать водой – не глотать. | Соблюдать осторожность, чтобы не повредить барабанную перепонку; отворачивание век должен проводить медицинский или соответственно обученный персонал. |
| Волосы | Мыло и холодная вода | Обильно намыливать и слегка прижимать щетку. Мыть по 2 минуты 3 раза, прополоскать и провести мониторинг. | При мытье волосы должны быть откинuty назад для минимизации попадания через рот или нос. |
| | Мыло, мягкая щетка и вода | Сделать пасту. Использовать с добавлением воды. Осуществлять осторожные скребковые движения. Проявлять осторожность, чтобы не вызвать раздражение кожи. | При мытье волосы должны быть откинuty назад для минимизации попадания через рот или нос. |
| | Стрижка/бритье волос | Удалить волосы для проведения дезактивации кожи черепа. Использовать методы дезактивации кожных покровов. | Осуществить только после неэффективности использования других методов. |

Примечания:

* Начать с первого из перечисленных методов и затем при необходимости переходить поэтапно к более сложному методу. В процессе всех процедур по дезактивации следует прилагать все усилия для предотвращения распространения радиоактивности. Все меры по дезактивации должны проводиться от периферии загрязненного участка к его центру.

** Не проводить дезактивацию раны; это будет осуществлено врачом или опытным медицинским работником.

*** В случае устойчивого загрязнения, обильно покрыть участок защитным кремом и надеть резиновые перчатки; зачастую в течение последующих нескольких часов радионуклиды переходят с поверхности кожи в защитный крем.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ:

Мыло, щетки и другие предметы (оборудование), используемые в процессе дезактивации, могут стать загрязненными. Поэтому с ними следует обращаться соответствующим образом. Персонал должен воздержаться от приема пищи, питья, или курения на любых территориях, где проводятся мероприятия по мониторингу или дезактивации.

| | | |
|-----------------------------------|---|-------------|
| Выполняется: Аварийным рабочим | ИНСТРУКЦИЯ А9 | Стр. 1 из 3 |
| | РУКОВОДСТВО ПО ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЕ АВАРИЙНЫХ РАБОЧИХ | |

Цель

Предоставить аварийным рабочим базовые рекомендации по индивидуальной защите.

Обсуждение

Рекомендации по индивидуальной защите аварийных рабочих даны по трем направлениям: общие инструкции, защита щитовидной железы, дозовые рекомендации по возвращению аварийных рабочих.

Общие инструкции

Действие 1

Всегда будьте осведомлены о следующих общих инструкциях:

| ОБЩИЕ ИНСТРУКЦИИ | |
|-------------------------|--|
| ☞ | ВСЕГДА осознавайте опасность, с которой вы можете столкнуться в полевых условиях и предпринимайте необходимые меры предосторожности. |
| ☞ | НИКОГДА не пытайтесь предпринять какие-либо действия в полевых условиях без соответствующих средств защиты. Всегда знайте, как ими пользоваться. |
| ☞ | Все действия ДОЛЖНЫ быть проведены таким образом, чтобы уровни облучения были настолько низкими, насколько это разумно достижимо. |
| ☞ | БУДЬТЕ ОСВЕДОМЛЕННЫ об уровнях дозовых рекомендаций по возвращению (Таблица А3). Дозовые рекомендации по возвращению аварийных рабочих представляют собой рекомендации, а не пределы. При их применении следует руководствоваться здравым смыслом. |
| ☞ | НЕ задерживайтесь в зонах, где мощность дозы равна 1 мЗв/час или более. |
| ☞ | БУДЬТЕ ОСТОРОЖНЫ, следуя в зоны, где мощность дозы превышает 10 мЗв/час . |
| ☞ | Вы НЕ ДОЛЖНЫ следовать в зоны с мощностью дозы выше 100 мЗв/час , если только вас не направил туда Специалист-радиолог или Специалист по мониторингу окружающей среды/Специалист-радиолог. |
| ☞ | ИСПОЛЬЗУЙТЕ для себя защиту временем, расстоянием и экраном. |
| ☞ | ПЛАНИРУЙТЕ вход в зону с высокой мощностью дозы ЗАРАНЕЕ вместе с вашим руководителем. |
| ☞ | НЕ подвергайтесь ненужному риску. НЕ употребляйте пищу, питье и НЕ курите в любой загрязненной зоне. |
| ☞ | В СЛУЧАЕ сомнения обратитесь за советом к руководителю вашей группы или координатору. |

Защита щитовидной железы

Действие 2

По указанию полевого инспектора/руководителя принять таблетку стабильного йода (таблетки должны быть в наличии в вашем наборе).

ПРИМЕЧАНИЕ

Риск, связанный с однократным приемом стабильного йода (100 мг йода), очень мал. Если облучение радиоактивным йодом продолжается более нескольких дней (период, в течение которого щитовидная железа защищена после однократного приема стабильного йода), может быть целесообразно повторить прием. Суммарная доза не должна превышать десять назначений стандартной дозы в течение года.

Стабильный йод назначается в случае, если предотвращаемая доза на щитовидную железу превышает 100 мГр [5].

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Для того чтобы йодная профилактика была эффективной, следует принять стабильный йод до облучения или в течение нескольких часов (около четырех) после начала облучения. Прием стабильного йода более чем через 8 часов после начала облучения является неэффективным и может приводить к обратным результатам.

Прием стабильного йода аварийными рабочими не отменяет необходимости защиты органов дыхания (используя противогаз с угольным фильтром) при входе в зоны с повышенной концентрацией радиойода в воздухе.

Действие 3

Зарегистрировать факт приема таблетки в индивидуальной дозиметрической форме (Карта А5).

Действие 4

Если облучение продолжается более нескольких дней, принять следующую таблетку при наличии указания.

Дозовые рекомендации по возвращению аварийных рабочих

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Дозовые рекомендации по возвращению аварийных рабочих выражены в значениях накопленной дозы внешнего облучения по показаниям прямопоказывающего дозиметра. Аварийный рабочий должен предпринять все разумные усилия, чтобы не превысить эту дозу. Представленные в Таблице А3 значения рассчитаны с учетом дозы от ингаляции радионуклидов в случае аварии с расплавлением активной зоны при предположении, что щитовидная железа заблокирована. Обратите внимание, что загрязнение кожи может также быть значительным источником облучения и привести к детерминированным эффектам у рабочих в зонах высокого загрязнения, если они не обеспечены соответствующей защитной одеждой.

Дозовые рекомендации по возвращению аварийных рабочих представляют собой рекомендации, а не пределы. При их применении следует руководствоваться здравым смыслом. Если в результате анализа проб воздуха или других условий (См. примечания к таблице А3) будут рассчитаны дозовые рекомендации, значительно отличающиеся от указанных в Таблице А3, следует использовать пересмотренные значения дозовых рекомендаций.

После окончания ранней фазы аварии следует подтвердить значение суммарной дозы, полученной аварийным рабочим в течение острой фазы до того, как ему будет разрешено осуществлять действия, которые могут привести к получению дополнительной дозы.

Действие 5

Следовать подходящим инструкциям по радиационной защите.

Действие 6

Предпринять все разумные усилия, чтобы не превысить значения дозовых рекомендаций по возвращению аварийных рабочих, представленных в Таблице А3.

ТАБЛИЦА А3 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВОЗВРАЩЕНИЮ АВАРИЙНЫХ РАБОЧИХ, ВЫРАЖЕННЫЕ В ЕДИНИЦАХ НАКОПЛЕННОЙ ДОЗЫ ВНЕШНЕГО ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

| ДЕЙСТВИЯ | EWG [мЗв] |
|--|--|
| Вид 1: Действия по спасению жизни | 250 (а,б) |
| Вид 2: Предотвращение серьезного повреждения Предотвращение высоких коллективных доз Мониторинг мощности амбиентной дозы (мощности дозы гамма-излучения) за пределами площадки | < 50 (а) |
| Вид 3: Кратковременные восстановительные операции Осуществление неотложных защитных мероприятий Отбор проб окружающей среды | < 25 (а) |
| Вид 4: Долговременные восстановительные операции Работы, не связанные непосредственно с аварией | Пределы профессионального облучения [13] |

- (а) Принято, что блокирование щитовидной железы проведено до облучения. Если блокирование не проведено, следует разделить значение допустимой дозы на 5; если органы дыхания защищены – умножить значение допустимой дозы на 2. Рабочие должны быть добровольцами и знать о потенциальных последствиях облучения.
- (б) Эта доза может быть превышена, если к тому имеются серьезные основания, **однако**, все усилия должны быть направлены на поддержание дозы облучения ниже этого уровня и, конечно же, ниже порога развития детерминированных эффектов. Аварийные рабочие должны пройти обучение вопросам радиационной защиты и понимать риск, которому они подвергаются.

РАЗДЕЛ Б
ОТБОР ПРОБ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Предупреждение: инструкции в этом разделе должны быть пересмотрены в соответствии с условиями и возможностями применения

| | | |
|------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ Б1 | <i>Стр.1 из 4</i> |
| <i>Группой отбора проб воздуха</i> | ОТБОР ПРОБ ВОЗДУХА | |

Цель

Отобрать пробы воздуха для оценки in-situ и последующего лабораторного анализа с целью представления данных о концентрациях радионуклидов в воздухе; измерить мощность дозы гамма-/бета- излучения в месте отбора пробы.

Обсуждение

Пробы воздуха можно измерить в полевых условиях in-situ и, затем, провести повторное измерение в лабораторных условиях для определения радионуклидного состава и концентрации радионуклидов. До поступления в лабораторию можно разделить отобранные в полевых условиях пробы воздуха на низко-, средне- и высокоактивные, что поможет в определении очередности анализов и определении порядка обращения и обработки проб. Результаты используются для оценки опасности ингаляционного поступления радионуклидов, а также могут предоставить некоторую информацию для оценки возможности выпадений на землю.

Если пробы воздуха отобраны для определения концентрации в воздухе относительно концентрации в выпадениях на землю, что затем будет использовано для пересчета уровня ресуспензии или ДУВ по радионуклиду-маркеру, следует в то же время и в том же месте отобрать репрезентативную пробу почвы (или провести другие измерения уровня выпадений радионуклида-маркера).

Поскольку радиойод находится в формах, которые нельзя отобрать с помощью фильтров, улавливающих частицы, для его эффективного улавливания необходимо использовать специальную кассету (уголь или цеолит). Скорости потока через такие кассеты обычно ниже, чем для нормальных аэрозолей. Активированный уголь (с ЭДТА) адсорбирует радиойод и инертные газы. Гамма-спектрометрия с детектором HPGe позволяет легко дифференцировать пики; гамма-спектрометрия с NaI(Tl) – не позволяет, однако такой спектрометрии может быть достаточно при анализе одного радионуклида. Если пробы отобраны только для поиска радиойода, но в присутствии инертных газов, используются серебряные цеолиты. Однако такие кассеты очень дорогие и чаще используются угольные кассеты.

Предостережения / Ограничения

Специальные кассеты используются только в случаях, когда предполагается наличие радиойода, например, при аварии на реакторе, аварийной ситуации в больнице, где используется радиойод, или в случае аварий при транспортировке радиойода.

От Группы отбора проб воздуха требуется проводить отбор проб во время выброса; поэтому возможна опасность внешнего облучения членов группы, а также ингаляционного поступления радионуклидов и загрязнения поверхностей. Члены группы, вовлеченные в отбор проб, должны воздержаться от курения, употребления пищи и питья, применения косметики, любых других действий, которые непреднамеренно могут повлиять на ингаляционное или алиментарное поступление частиц в полевых условиях, при отборе или обработке пробы.

Члены группы должны быть осведомлены о мерах по радиационной защите и дозовых рекомендациях по возвращению аварийных рабочих (Инструкция А9).

Приборы / Ресурсы

- Оборудование, общее для всех групп реагирования (Контрольный перечень А0)
- Оборудование Группы отбора проб воздуха (Контрольный перечень Б1)

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

НИКАКАЯ проба не стоит потери жизни или конечности тела. Всегда сознавайте опасность, которой вы можете подвергнуться в полевых условиях, и предпринимайте необходимые меры предосторожности. Никогда не пытайтесь проводить какие-нибудь действия в полевых условиях без соответствующих средств защиты. Всегда знайте, как эти средства использовать.

До отправления на место

Действие 1

- 1.1. Получить начальный инструктаж и назначение от Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога.
- 1.2. Получить соответствующее оборудование, используя Перечни А0 и Б1.
- 1.3. Проверить приборы, используя Инструкцию А0.
- 1.4. Провести проверку работы радиосвязи при отбытии по назначению.
- 1.5. Провести проверку GPS при отбытии по назначению.

Действие 2

В соответствии с инструкциями Специалиста по мониторингу окружающей среды / Специалиста-радиолога:

- 2.1. Завернуть приборы разведки в пластиковую пленку во избежание загрязнения. Не заворачивать приборы отбора проб воздуха.
- 2.2. Включить кнопку тревоги на прямопоказывающих дозиметрах.
- 2.3. Надеть соответствующие средства индивидуальной защиты.

ПРИМЕЧАНИЕ

На основании полученной информации и рекомендаций от Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога, Ответственный за аварийное реагирование примет решение о проведении блокирования щитовидной железы, использовании защитной одежды, респираторов или других средств индивидуальной защиты.

Определение места отбора пробы

Действие 3

Найти место отбора пробы, указанное Специалистом по мониторингу окружающей среды/Специалистом-радиологом. Найти участок без помех, нарушающих движение воздушных масс. Если в наличии имеется спутниковая система определения координат, снять координаты расположения и зарегистрировать их в Карте Б1, в противном случае – определить координаты и нанести их на карту, затем зарегистрировать в Карте Б2.

Отбор проб

Действие 4

- 4.1. В соответствии с инструкциями Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога выбрать и установить фильтр, улавливающий частицы, или кассету для аэрозолей. При необходимости отметить направление потока на кассету.
- 4.2. Установить воздухозаборник на штатив или подставку, или на капот автомобиля на высоте примерно 1 м (если используется портативный воздухозаборник). При использовании воздухозаборника с питанием постоянным током при напряжении 12 В не рекомендуется оставлять автомобиль движущимся.
- 4.3. Включить воздухозаборник и зарегистрировать время и дату начала отбора, а также объем/скорость потока в Карте Б1.
- 4.4. Проводить отбор проб воздуха в течение около 10 минут или времени, указанного Специалистом по мониторингу окружающей среды/Специалистом-радиологом. Во время отбора пробы провести измерения мощности амбиентной дозы. Зарегистрировать среднее значение в Карте Б1.
- 4.5. Зарегистрировать время, объем/скорость потока, затем выключить воздухозаборник.
- 4.6. При необходимости отобрать репрезентативные пробы почвы, используя Инструкцию Б2.

ПРИМЕЧАНИЕ

Объем отбираемых проб воздуха может варьировать в зависимости от мощности дозы в облаке, то есть, при наличии высокой мощности дозы может потребоваться проведение отбора проб в течение короткого времени. Однако следует проявить осторожность, чтобы отбор слишком маленьких проб воздуха не привел к повышению требуемого предела детектирования.

Упаковка и маркировка проб

Действие 5

Надеть виниловые перчатки. Снять фильтр/кассету. Для снятия воздушного фильтра использовать пинцет. Обращаться с фильтром, как с потенциально загрязненным объектом.

Действие 6

Поместить фильтр/кассету в полиэтиленовый пакет и закрыть его. Промаркировать пакет кодом и зарегистрировать код в Карте Б1.

Измерение *in-situ*

Действие 7

Измерить фон на достаточно удаленном расстоянии от места отбора пробы, используя соответствующий радиометр загрязнения. Если фон слишком высок для измерения пробы, следует переместиться в зону более низкого фона (например, внутри автомобиля или строения, или вне облака). Зарегистрировать данные в Карте Б1. Держать переднюю сторону фильтра на расстоянии нескольких миллиметров от датчика радиометра загрязнения и снять показания. Зарегистрировать результаты измерения (Карта Б1).

Действие 8

Сообщить Специалисту по мониторингу окружающей среды/Специалисту-радиологу о расположении, номере пробы, показаниях фильтра, показаниях фона прибора, калибровочном коэффициенте прибора, времени начала и окончания отбора пробы воздуха, скорости потока.

Контроль загрязнения**Действие 9**

Провести мониторинг персонала и оборудования, используя Инструкции А5 и А8, или запросить помощь Группы индивидуального мониторинга и дезактивации.

Дезактивировать головку фильтра до повторного использования путем промывания чистой водой из известного источника или влажным обтиранием. Промыть пинцет и любое другое оборудование по отбору проб, высушить перед дальнейшим использованием.

Доставка проб**Действие 10**

Организовать доставку пробы/проб с заполненной Картой/Картами Б1 Специалисту по анализу проб.

| | | |
|---|-------------------------|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ Б2 | |
| <i>Группой отбора проб окружающей среды и пищевых продуктов</i> | ОТБОР ПРОБ ПОЧВЫ | <i>Стр. 1 из 3</i> |

Цель

Отобрать пробы потенциально загрязненной почвы; измерить мощность дозы гамма-/бета- излучения в месте отбора пробы.

Обсуждение

На ранней стадии аварийной ситуации отбор проб и последующее измерение концентрации радионуклидов необходимо для:

- (а) оценки уровней загрязнения почвы вследствие сухих и влажных выпадений,
- (б) анализа вклада в оценку уровней суммарных выпадений на единицу площади для всех поверхностей,
- (в) прогнозирования мощности дозы и временной зависимости дозы на участке,
- (г) приблизительной оценки с использованием коэффициентов перехода будущего загрязнения овощей (дополнительно),
- (д) загрязнение почвы может быть источником ресуспензии радиоактивности в течение поздней фазы, что может явиться причиной опасности ингаляционного поступления и дополнительного рассеивания радиоактивности.

Предостережения / Ограничения

Загрязнение почвы может значительно варьировать от места к месту (горячие участки); средние значения локальной мощности дозы полезны для выбора репрезентативного участка отбора проб. Отбор проб почвы производят после окончания выброса и прохождения облака; при этом возможно внешнее облучение, опасность ингаляционного поступления связана только с ресуспензированными материалами. Члены группы должны быть осведомлены о дозовых рекомендациях по возвращению аварийных рабочих (Инструкция А9).

Приборы / Ресурсы

- Оборудование, общее для всех групп реагирования (Контрольный перечень А0)
- Оборудование для отбора проб почвы Группы отбора проб окружающей среды и пищевых продуктов (Контрольный перечень Б2)

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

НИКАКАЯ проба не стоит потери жизни или конечности тела. Всегда сознавайте опасность, которой вы можете подвергнуться в полевых условиях, и предпринимайте необходимые меры предосторожности. Никогда не пытайтесь проводить какие-нибудь действия в полевых условиях без соответствующих средств защиты. Всегда знайте, как эти средства использовать.

До отправления на место

Действие 1

- 1.1. Получить начальный инструктаж и назначение от Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога.
- 1.2. Получить соответствующее оборудование, используя Перечни А0 и Б2.

- 1.3. Проверить приборы, используя Инструкцию А0.
- 1.4. Провести проверку работы радиосвязи при отбытии по назначению.
- 1.5. Провести проверку GPS при отбытии по назначению.

Действие 2

В соответствии с инструкциями Специалиста по мониторингу окружающей среды / Специалиста-радиолога:

- 2.1. Завернуть приборы разведки в пластиковую пленку для избежания загрязнения.
- 2.2. Включить кнопку тревоги на прямопоказывающих дозиметрах.
- 2.3. Надеть соответствующие средства индивидуальной защиты.
- 2.4. Заворачивать оборудование для отбора проб в промежутках между использованиями.

ПРИМЕЧАНИЕ

На основании полученной информации и рекомендаций от Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога, Ответственный за аварийное реагирование примет решение о проведении блокирования щитовидной железы, использовании защитной одежды, респираторов или других средств индивидуальной защиты.

Определение места отбора пробы**Действие 3**

Найти место отбора пробы, указанное Специалистом по мониторингу окружающей среды/Специалистом-радиологом. Если в наличии имеется спутниковая система определения координат, снять координаты расположения и зарегистрировать их в Карте Б2, в противном случае – определить координаты и нанести их на карту, затем зарегистрировать в Карте Б2.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Не проводить отбор проб под деревьями, кустами или другими нависающими объектами. Избегать территорий, прилегающих к дорогам, кюветам, канавам. Пробы лучше отбирать с участков чистого грунта.

Действие 4

Провести измерения мощности амбиентной дозы на территории нескольких десятков метров вокруг зоны отбора пробы; зарегистрировать среднее значение мощности амбиентной дозы в Карте Б2.

Отбор проб**Действие 5**

Если почва покрыта травой, сорняками, или другим органическим материалом, подрезать траву близко к поверхности земли и обращаться с ней как с пробой растительности. Упаковать отдельно.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Если после предполагаемого времени выпадений прошел снег, удалить с участка отбора пробы как можно больше снега и отобрать пробу. Если снег выпал до выпадений радионуклидов – отобрать пробу снега, а затем, пробу почвы.

Действие 6

Надеть виниловые перчатки. Отобрать пробу с известной территории и на хорошо определенной глубине, например, на глубине 5 см. Поместить пробу в полиэтиленовый пакет.

Действие 7

Промыть использованное для отбора пробы оборудование чистой водой из известного источника и высушить бумажными салфетками.

Упаковка и маркировка проб**Действие 8**

Закрыть пакеты с пробами растительности и почвы и промаркировать их кодами проб. Зарегистрировать коды в Карте Б2.

Контроль загрязнения**Действие 9**

Провести мониторинг персонала и оборудования, используя Инструкции А5 и А8, или запросить помощь Группы индивидуального мониторинга и дезактивации.

Доставка проб**Действие 10**

Организовать доставку пробы/проб с заполненной Картой/Картами Б2 Специалисту по анализу проб.

| | | |
|---|------------------------|-------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ БЗ | <i>Стр.1 из 3</i> |
| <i>Группой отбора проб окружающей среды и пищевых продуктов</i> | ОТБОР ПРОБ ВОДЫ | |

Цель

Отобрать пробы потенциально загрязненной радионуклидами воды.

Обсуждение

Источники питьевой воды достаточно разнообразны (родники, поверхностная вода, осадки, резервуары, водопровод). Хотя некоторые из указанных источников могут быть значительно загрязнены, очистка в больших системах распределения воды обеспечивает определенный уровень дезактивации питьевой воды.

Забор дождевой воды с определенной территории может быть использован для оценки выпадений на землю.

Предостережения / Ограничения

Поскольку предполагается, что отбор проб производят после окончания выброса и прохождения облака, не ожидается значительной опасности ингаляционного поступления радионуклидов. Тем не менее, может существовать опасность внешнего облучения и загрязнения поверхностей. Наиболее вероятно, что риск загрязнения и перекрестного загрязнения проб будет самым важным вопросом.

Приборы / Ресурсы

- Оборудование, общее для всех групп реагирования (Контрольный перечень А0)
- Оборудование для отбора проб воды Группы отбра проб окружающей среды и пищевых продуктов (Контрольный перечень Б2)

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

НИКАКАЯ проба не стоит потери жизни или конечности тела. Всегда сознавайте опасность, которой вы можете подвергнуться в полевых условиях, и предпринимайте необходимые меры предосторожности. Никогда не пытайтесь проводить какие-нибудь действия в полевых условиях без соответствующих средств защиты. Всегда знайте, как эти средства использовать.

До отправления на место

Действие 1

- 1.1. Получить начальный инструктаж и назначение от Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога.
- 1.2. Получить соответствующее оборудование, используя Перечни А0 и Б2.
- 1.3. Проверить приборы, используя Инструкцию А0.
- 1.4. Провести проверку работы радиосвязи при отбытии по назначению.
- 1.5. Провести проверку GPS при отбытии по назначению.

Действие 2

В соответствии с инструкциями Специалиста по мониторингу окружающей среды / Специалиста-радиолога:

- 2.1. Завернуть инструменты в пластиковую пленку для избежания загрязнения.
- 2.2. Включить кнопку тревоги на прямопоказывающих дозиметрах.
- 2.3. Надеть соответствующие средства индивидуальной защиты.

ПРИМЕЧАНИЕ

На основании полученной информации и рекомендаций Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога, Ответственный за аварийное реагирование примет решение о проведении блокирования щитовидной железы, использовании защитной одежды, респираторов или других средств индивидуальной защиты.

Определение места отбора пробы**Действие 3***Родниковая вода, поверхностная вода и осадки*

Найти место отбора пробы, указанное Специалистом по мониторингу окружающей среды/Специалистом-радиологом. Если в наличии имеется спутниковая система определения координат, снять координаты расположения и зарегистрировать их в Карте БЗ, в противном случае – определить координаты и нанести их на карту, затем зарегистрировать в Карте БЗ.

Питьевая вода

Явиться к предложенному распределительному узлу, указанному Специалистом по мониторингу окружающей среды/Специалистом-радиологом. В любом случае можно отобрать пробу на распределительном узле, хотя может быть предпочтительнее отбор проб на станции оеззараживания. Зарегистрировать адрес места отбора проб в Карте БЗ.

Отбор проб**Действие 4**

При отборе всех проб следует прополоскать контейнер небольшим количеством отбираемой для пробы воды, и вылить эту воду перед заполнением контейнера.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если пробы воды должны будут храниться в течение какого-либо времени, следует добавить в бутылки с пробами соляную кислоту (11 М) в соотношении 10 мл на литр пробы. Кислоту следует добавлять до отбора пробы или как можно скорее после ее отбора для предотвращения адсорбции радионуклидов на стенках контейнера. Чем дольше время хранения до проведения анализа, тем важнее подкислить пробу воды.

Отбор проб воды из открытого родника

Отобрать пробу воды из источника. Заполнить контейнер пробой. Зарегистрировать дату и время отбора в Карте БЗ.

Отбор проб поверхностной воды (озера, бассейны, открытые пространства воды)
Заполнять контейнер пробой воды с помощью ковша. Избегать места с замутненной водой или с наличием значительных осадков. Избегать перемешивания отложений и включения их в пробу. Зарегистрировать дату и время отбора в Карте БЗ.

Отбор проб осадков

- (а) Отбирать осадки, используя коллектор дождевой воды с известной площадью сбора. Измерить мощность AMBIENTной дозы. Зарегистрировать дату и время начала сбора, а также мощность AMBIENTной дозы в Карте БЗ.
- (б) При прекращении забора пробы, снова измерить мощность AMBIENTной дозы и зарегистрировать показания в Карте БЗ. Используя градуированный цилиндр, измерить общий объем дождевой воды. Перелить в контейнер до его заполнения или до тех пор, пока не закончится собранная вода. Зарегистрировать дату и время окончания сбора, а также общий объем в Карте БЗ.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Сбор должен проводиться на открытой ровной территории. Не отбирать дождевую воду из луж. Не проводить отбор проб под деревьями, кустами или другими нависающими объектами. Избегайте прилегающих к дорогам территорий.

Если в коллекторе находится снег, собрать его вместе с пробой воды.

Отбор проб питьевой воды

Собрать воду из-под крана в контейнер. Зарегистрировать дату и время отбора в Карте БЗ.

Действие 5

Прополоскать чистой водой из известного источника использованные для отбора проб инструменты.

Упаковка и маркировка проб

Действие 6

Промаркировать контейнер кодом пробы и зарегистрировать код в Карте БЗ.

Контроль загрязнения

Действие 7

Провести мониторинг персонала и оборудования, используя Инструкции А5 и А8, или запросить помощь Группы индивидуального мониторинга и дезактивации.

Доставка проб

Действие 8

Организовать доставку пробы/проб с заполненной Картой/Картами БЗ Специалисту по анализу проб.

| | | |
|---|--------------------------|-------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ Б4 | |
| <i>Группой отбора проб окружающей среды и пищевых продуктов</i> | ОТБОР ПРОБ МОЛОКА | <i>Стр.1 из 3</i> |

Цель

Отобрать пробы потенциально загрязненного радионуклидами молока.

Обсуждение

Пробы молока имеют большое значение в аварийной радиационной ситуации, что связано с существованием хорошо известного пути облучения: трава-корова-молоко-человек. При авариях на реакторе содержащее радиоактивный йод молоко обычно является основным путем поступления радионуклидов в организм населения.

Требуется своевременный отбор и анализ проб.

В случае серьезных реакторных аварий важнейшим вопросом является контроль поступления радионуклидов в организм человека. Для этого будут отбираться пробы на фермах, пунктах приема молока, перерабатывающих заводах. Пастеризованное молоко обычно представляет собой смесь молока из многих мест. Следует выбрать пробы, которые имеют известный процент молока от коров с интересующей территории. Лучшим путем получения проб является контакт с покупающими молоко компаниями, а также с санитарными службами, которые обычно несут ответственность за другие аспекты контроля продуктов.

В случае локального загрязнения проводят отбор сырого молока в частных хозяйствах; пробы должны быть отобраны от коров или/и коз, пасшихся на загрязненной территории и не содержащихся на запасенных кормах. Однако при некоторых обстоятельствах, может быть целесообразным провести отбор молока, как от выпасавшихся коров, так и от находившихся на стойловом содержании.

Предостережения / Ограничения

При отборе проб молока не требуется применения специальных индивидуальных мер радиационной защиты. Самым важным вопросом, скорее всего, будет риск загрязнения и перекрестного загрязнения проб.

Приборы / Ресурсы

- Оборудование, общее для всех групп реагирования (Контрольный перечень А0)
- Оборудование для отбора проб молока Группы отбора проб окружающей среды и пищевых продуктов (Контрольный перечень Б2)

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

НИКАКАЯ проба не стоит потери жизни или конечности тела. Всегда сознавайте опасность, которой вы можете подвергнуться в полевых условиях, и предпринимайте необходимые меры предосторожности. Никогда не пытайтесь проводить какие-нибудь действия в полевых условиях без соответствующих средств защиты. Всегда знайте, как эти средства использовать.

До отправления на место

Действие 1

- 1.1. Получить начальный инструктаж и назначение от Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога.
- 1.2. Получить соответствующее оборудование, используя Перечни А0 и Б2.
- 1.3. Проверить приборы, используя Инструкцию А0.
- 1.4. Провести проверку работы радиосвязи при отбытии по назначению.
- 1.5. Провести проверку GPS при отбытии по назначению.

Действие 2

В соответствии с инструкциями Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога:

- 2.1. Завернуть приборы разведки в пластиковую пленку для избежания загрязнения.
- 2.2. Включить кнопку тревоги на прямопоказывающих дозиметрах.
- 2.3. Надеть соответствующие средства индивидуальной защиты.

ПРИМЕЧАНИЕ

На основании полученной информации и рекомендаций Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога, Ответственный за аварийное реагирование примет решение о проведении блокирования щитовидной железы, использовании защитной одежды, респираторов или других средств индивидуальной защиты.

Определение места отбора пробы

Действие 3

Явиться на предприятие или в частное хозяйство, как указано Специалистом по мониторингу окружающей среды/Специалистом-радиологом. Если в наличии имеется спутниковая система определения координат, снять координаты расположения и зарегистрировать их в Карте Б4, в противном случае – определить координаты и нанести их на карту, затем зарегистрировать в Карте Б4.

Отбор проб

Действие 4

Наполнить контейнер молоком. Соблюдать осторожность для предотвращения загрязнения и перекрестного загрязнения. Если пробы будут отправлены в лабораторию в тот же день, – поместить их в холодильник, если нет – добавить консервант.

Действие 5

Промыть все инструменты, использованные для отбора проб, чистой водой из известного источника и высушить бумажными салфетками или чем-нибудь подобным.

Упаковка и маркировка проб

Действие 6

Промаркировать контейнеры кодами проб и зарегистрировать коды в Карте Б4.

Контроль загрязнения

Действие 7

Провести мониторинг персонала и оборудования, используя Инструкции А5 и А8, или запросить помощь Группы индивидуального мониторинга и дезактивации.

Доставка проб

Действие 8

Организовать доставку пробы/проб с заполненной Картой/Картами Б4 Специалисту по анализу проб.

| | | |
|---|-------------------------------------|-------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ Б5 | <i>Стр.1 из 3</i> |
| <i>Группой отбора проб окружающей среды и пищевых продуктов</i> | ОТБОР ПРОБ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ | |

Цель

Отобрать пробы потенциально загрязненных овощей и фруктов для лабораторного анализа.

Обсуждение

На ранней стадии аварии на реакторе основной причиной запрета потребления может явиться поверхностное загрязнение овощей и фруктов вследствие сухих или влажных выпадений радиоактивного материала. Корневое поступление радиоактивности в растения может приниматься во внимание только на поздних стадиях аварии. Пробы должны отбираться на поле или в магазинах, оптовых рынках или в любых других местах, где пищевые продукты могут быть загрязнены вследствие выпадений содержащихся в воздухе радионуклидов.

Предостережения / Ограничения

Поверхностное загрязнение овощей является параметром для принятия решений в отношении введения запрета на потребление. Поэтому в пробу следует отбирать только надземную или съедобную часть растений.

Отбор проб следует производить только после окончания выброса и прохождения облака; при этом возможно внешнее облучение и загрязнение поверхностей, опасность ингаляционного поступления связана только с ресуспензированными материалами. Члены группы должны быть осведомлены о дозовых рекомендациях по возвращению аварийных рабочих (Инструкция А9).

Приборы / Ресурсы

- Оборудование, общее для всех групп реагирования (Контрольный перечень А0)
- Оборудование для отбора проб пищевых продуктов Группы отбора проб окружающей среды и пищевых продуктов (Контрольный перечень Б2)

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

НИКАКАЯ проба не стоит потери жизни или конечности тела. Всегда сознавайте опасность, которой вы можете подвергнуться в полевых условиях, и предпринимайте необходимые меры предосторожности. Никогда не пытайтесь проводить какие-нибудь действия в полевых условиях без соответствующих средств защиты. Всегда знайте, как эти средства использовать.

До отправления на место

Действие 1

- 1.1. Получить начальный инструктаж и назначение от Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога.
- 1.2. Получить соответствующее оборудование, используя Перечни А0 и Б2.
- 1.3. Проверить приборы, используя Инструкцию А0.
- 1.4. Провести проверку работы радиосвязи при отбытии по назначению.
- 1.5. Провести проверку GPS при отбытии по назначению.

Действие 2

В соответствии с инструкциями Специалиста по мониторингу окружающей среды / Специалиста-радиолога:

- 2.1. Завернуть приборы разведки в пластиковую пленку для избежания загрязнения.
- 2.2. Включить кнопку тревоги на прямопоказывающих дозиметрах.
- 2.3. Надеть соответствующие средства индивидуальной защиты.

ПРИМЕЧАНИЕ

На основании полученной информации и рекомендаций Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога, Ответственный за аварийное реагирование примет решение о проведении блокирования щитовидной железы, использовании защитной одежды, респираторов или других средств индивидуальной защиты.

Определение места отбора пробы**Действие 3**

Явиться на место отбора пробы, указанное Специалистом по мониторингу окружающей среды/Специалистом-радиологом. Если указано место на поле, найти открытую и ровную площадку. Если в наличии имеется спутниковая система определения координат, снять координаты расположения и зарегистрировать их в Карте Б5, в противном случае – определить координаты и нанести их на карту, затем зарегистрировать в Карте Б5.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Если овощи растут под деревьями, кустами или другими нависающими объектами, не производить отбор проб овощей в таких местах. Избегать прилегающих к дорогам территорий.

Отбор проб**Действие 4**

Отобрать пробу, достаточную для получения, по крайней мере, 1 кг съедобной части. Выбрать спелые пробы. Собрать зеленые и листовые части растения, а не корни и стебли, если только они не являются съедобными. Важно отбирать как овощи, так и любую влагу, которая может на них присутствовать, в замерзшем или текущем состоянии.

Действие 5

После отбора каждой пробы прополоскать инструменты чистой водой и высушить бумажными салфетками или чем-нибудь похожим.

Упаковка и маркировка проб**Действие 6**

Поместить пробу в полиэтиленовый пакет и закрыть его. Промаркировать пакет кодом пробы и зарегистрировать код в Карте Б5.

Контроль загрязнения

Действие 7

Провести мониторинг персонала и оборудования, используя Инструкции А5 и А8, или запросить помощь Группы индивидуального мониторинга и дезактивации.

Доставка проб

Действие 8

Организовать доставку пробы/проб с заполненной Картой/Картами Б5 Специалисту по анализу проб.

| | | |
|---|--------------------------|-------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ Б6 | |
| <i>Группой отбора проб окружающей среды и пищевых продуктов</i> | ОТБОР ПРОБ КОРМОВ | <i>Стр.1 из 3</i> |

Цель

Отобрать пробы кормов животных для лабораторного анализа.

Обсуждение

Анализ проб кормов животных позволяет определить влияние поверхностного загрязнения на загрязнение молока и мяса. Отбор проб кормов рассматривается как ранняя мера для решения о содержании крупного рогатого скота в стойлах.

Предостережения / Ограничения

Ожидается, что отбор проб будет проводиться после окончания выброса и прохождения облака; при этом возможно внешнее облучение и загрязнение поверхностей, опасность ингаляционного поступления связана только с ресуспензированными материалами. Члены группы должны быть осведомлены о дозовых рекомендациях по возвращению аварийных рабочих (Инструкция А9).

Приборы / Ресурсы

- Оборудование, общее для всех групп реагирования (Контрольный перечень А0)
- Оборудование для отбора проб кормов Группы отбора проб окружающей среды и пищевых продуктов (Контрольный перечень Б2)

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

НИКАКАЯ проба не стоит потери жизни или конечности тела. Всегда сознавайте опасность, которой вы можете подвергнуться в полевых условиях, и предпринимайте необходимые меры предосторожности. Никогда не пытайтесь проводить какие-нибудь действия в полевых условиях без соответствующих средств защиты. Всегда знайте, как эти средства использовать.

До отправления на место

Действие 1

- 1.1. Получить начальный инструктаж и назначение от Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога.
- 1.2. Получить соответствующее оборудование, используя Перечни А0 и Б2.
- 1.3. Проверить приборы, используя Инструкцию А0.
- 1.4. Провести проверку работы радиосвязи при отбытии по назначению.
- 1.5. Провести проверку GPS при отбытии по назначению.

Действие 2

В соответствии с инструкциями Специалиста по мониторингу окружающей среды / Специалиста-радиолога:

- 2.1. Завернуть приборы разведки в пластиковую пленку для избежания загрязнения.
- 2.2. Включить кнопку тревоги на прямопоказывающих дозиметрах.
- 2.3. Надеть соответствующие средства индивидуальной защиты.

ПРИМЕЧАНИЕ

На основании полученной информации и рекомендаций Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога, Ответственный за аварийное реагирование примет решение о проведении блокирования щитовидной железы, использовании защитной одежды, респираторов или других средств индивидуальной защиты.

Определение места отбора пробы**Действие 3**

Явиться на место, указанное Специалистом по мониторингу окружающей среды/Специалистом-радиологом. Выбрать открытый ровный участок без больших камней, деревьев, и других помех, на котором можно легко отобрать пробу. Вид и высота растений на участке для отбора проб кормов должны быть относительно однородны. Избегать территорий, прилегающих к дорогам, канавам и кюветам. Если в наличии имеется спутниковая система определения координат, снять координаты расположения и зарегистрировать их в Карте Бб, в противном случае – определить координаты и нанести их на карту, затем зарегистрировать в Карте Бб.

Действие 4

Измерить значения мощности амбиентной дозы, чтобы быть уверенным, что вы не проводите отбор проб на "горячем участке". Зарегистрировать уровень в Карте Бб.

Отбор проб**Действие 5**

Обозначить территорию, с которой проводится отбор пробы (1м², или более) и зарегистрировать площадь территории в Карте Бб. Собрать с пастбища, по крайней мере, 1 кг пробы, преимущественно траву; собирать зеленые и листовые части растений. Отбирать на высоте 2 см над поверхностью земли. Отметить и при необходимости увеличить площадь территории отбора, пока не будет собрана проба в 1 кг. Будьте осторожны, чтобы в пробу не попала почва.

Действие 6

После отбора каждой пробы прополоскать инструменты чистой водой.

Упаковка и маркировка проб**Действие 7**

Поместить пробу в полиэтиленовый пакет и закрыть его. Промаркировать пакет кодом пробы и зарегистрировать код в Карте Бб.

Контроль загрязнения**Действие 8**

Провести мониторинг персонала и оборудования, используя Инструкции А5 и А8, или запросить помощь Группы индивидуального мониторинга и дезактивации.

Доставка проб

Действие 9

Организовать доставку пробы/проб с заполненной Картой/Картами Б6 Специалисту по анализу проб.

| | | |
|---|-----------------------------|-------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ Б7 | <i>Стр.1 из 2</i> |
| <i>Группой отбора проб окружающей среды и пищевых продуктов</i> | ОТБОР ПРОБ ОТЛОЖЕНИЙ | |

Цель

Отобрать пробы потенциально загрязненных отложений (отбор проб отложений).

Обсуждение

Наиболее вероятно, что загрязнение отложений не будет первоочередным и срочным вопросом на ранней стадии аварии на реакторе. Тем не менее, в случае определенных радиационных аварий, приводящих к распространению радиоактивных материалов в воде, этот вопрос может оказаться важным.

Пробы отложений могут быть отобраны для оценки пути внешнего облучения и определения повышения концентрации радионуклидов в отложениях, например, вдоль побережья, берегов рек и озер, на дне рек, озер или моря. Анализ таких отложений может также выявить присутствие радиоактивного загрязнения, не выявляемого проведением только мониторинга воды.

Можно использовать различные методы отбора проб в зависимости от природы среды, из которой отбирается проба (река, озеро), и целей мониторинга (сведения о выпадениях, свежие выпадения, прогнозирование миграции). Необходимо написать конкретную процедуру для каждой ситуации и с учетом инструментов отбора проб.

Предостережения / Ограничения

Вероятно, что риск индивидуального загрязнения является основной радиационной опасностью.

Приборы / Ресурсы

- Оборудование, общее для всех групп реагирования (Контрольный перечень А0)
- Оборудование Группы отбора проб окружающей среды и пищевых продуктов (Контрольный перечень Б2)

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

НИКАКАЯ проба не стоит потери жизни или конечности тела. Всегда сознавайте опасность, которой вы можете подвергнуться в полевых условиях, и предпринимайте необходимые меры предосторожности. Никогда не пытайтесь проводить какие-нибудь действия в полевых условиях без соответствующих средств защиты. Всегда знайте, как эти средства использовать.

До отправления на место

Действие 1

- 1.1. Получить начальный инструктаж и назначение от Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога.
- 1.2. Получить соответствующее оборудование, используя Перечни А0 и Б2.
- 1.3. Проверить приборы, используя Инструкцию А0.

- 1.4. Провести проверку работы радиосвязи при отбытии по назначению.
- 1.5. Провести проверку GPS при отбытии по назначению.

Действие 2

В соответствии с инструкциями Специалиста по мониторингу окружающей среды / Специалиста-радиолога:

- 2.1. Завернуть приборы разведки в пластиковую пленку для избежания загрязнения.
- 2.2. Включить кнопку тревоги на прямопоказывающих дозиметрах.
- 2.3. Надеть соответствующие средства индивидуальной защиты.

Определение места отбора пробы**Действие 3**

Найти место, указанное Специалистом по мониторингу окружающей среды / Специалистом-радиологом. Если в наличии имеется спутниковая система определения координат, снять координаты расположения и зарегистрировать их в Карте Б7, в противном случае – определить координаты и нанести их на карту, затем зарегистрировать в Карте Б7.

ПРИМЕЧАНИЕ

При отборе пробы в реке следует выбрать участок спокойной воды или место с медленным течением для избежания турбулентности, вызванной преградами (например, большими камнями).

Отбор проб**Действие 4**

Отобрать пробу отложений в соответствии с конкретной процедурой.

Действие 5

После отбора каждой пробы прополоскать инструменты чистой водой.

Упаковка и маркировка проб**Действие 6**

Поместить пробу в полиэтиленовый пакет и закрыть его. Промаркировать пакет кодом пробы и зарегистрировать код в Карте Б7.

Контроль загрязнения**Действие 7**

Провести мониторинг персонала и оборудования, используя Инструкции А5 и А8, или запросить помощь Группы индивидуального мониторинга и дезактивации.

Доставка проб**Действие 8**

Организовать доставку пробы/проб с заполненной Картой/Картами Б7 Специалисту по анализу проб.

РАЗДЕЛ В

ИЗМЕРЕНИЯ ОБЩЕЙ АЛЬФА- И БЕТА- АКТИВНОСТИ

Предупреждение: инструкции в этом разделе должны быть пересмотрены в соответствии с условиями и возможностями применения

| | | |
|--|--|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> <i>Группой изотопного анализа</i> | ИНСТРУКЦИЯ В1 | <i>Стр. 1 из 4</i> |
| | ОБЩАЯ АЛЬФА- И БЕТА- АКТИВНОСТЬ В ПРОБАХ ВОЗДУХА И ВОДЫ | |

Цель

Определить общую концентрацию альфа- и бета- излучателей в пробах воздуха или воды, особенно в пробах дождевой воды.

Обсуждение

С помощью пропорционального газоразрядного альфа/бета счетчика анализируют воздушные фильтры с портативных или стационарных воздухозаборников на предмет суммарного определения альфа- и бета- излучателей. Воздушные фильтры и подложки для счета должны быть одного размера. Активность определяется в результате сравнения со стандартом и сопоставима только с этим стандартом (т.е. Am-241, Sr-90, Cs-137, и т.д.). Для определения концентрации частиц на единицу объема воздуха могут быть использованы расчеты с учетом объема воздуха, прошедшего через воздухозаборник.

Резюме

Объект

| | |
|-------------------------|--|
| анализа: | альфа-/бета- излучатели |
| Геометрия: | подложка диаметром обычно 5 или 10 см |
| Виды проб: | воздушные фильтры или выпаренные пробы воды |
| Матрица: | частицы в воздухе, растворенные в воде твердые вещества |
| МДА: | 1 Бк альфа-, 2 Бк бета- (в зависимости от эффективности детектора) |
| Время измерения: | 1-100 мин |
| Точность: | не менее $\pm 20\%$ |

Предостережения / Ограничения

Счетчик общей альфа-/бета- активности должен быть заранее откалиброван с помощью стандартов, приготовленных в соответствии с типом применяемых в полевых условиях воздухозаборников. Воздушные фильтры должны быть помещены в подложку для счета такого же размера; необходимо некоторое соответствие между размерами воздухозаборника и зоны счета в счетчике общей альфа-/бета- активности. Не рекомендуется разрезать или подрезать большие фильтры для соответствия размерам подложек. Качество газа в детекторе должно быть известно, предпочтительно, 90% аргона, 10% метана, хранившегося до использования, по крайней мере, 30 дней (для распада оставшегося радона и его продуктов). Важен тип воздушных фильтров: если не будут производиться другие анализы, связанные с воздействием на пробу (например, радиохимическое определение Pu), используются стекловолоконные фильтры, в противном случае, желательны бумажные или поликарбонатные фильтры. Для определения окончательной концентрации радионуклидов в воздухе следует получить данные об эффективности улавливания воздушного фильтра от производителя или путем проведения других измерений.

Приборы / Ресурсы

- Пропорциональный счетчик общей альфа-/бета- активности
- Газ для счетчика
- Подложки для счета, предпочтительно плоскодонные из нержавеющей стали
- Емкости для подложек (предпочтительно пластиковые чашки Петри такого же размера)
- Конверты для проб или небольшие полиэтиленовые пакеты для собранных в полевых условиях фильтров
- Стандартное лабораторное оборудование
- Карта В1

Подготовка пробы

Воздушные фильтры

ПРИМЕЧАНИЕ

Каждый воздушный фильтр, установленный в полевых условиях, должен быть промаркирован либо на обратной стороне фильтра, либо на его упаковке или пакете, в котором он содержится.

Действие 1

Зарегистрировать идентификационный номер пробы, а также идентификационные номера других проб данной партии, в журнале для счета и Карте В1. Если номера не были обозначены, присвоить номера в соответствии с конкретной схемой, указывая всю информацию, необходимую для проведения расчета и получения в качестве конечного результата активности на единицу объема воздуха. Зарегистрировать в журнале объем воздуха, прошедшего через фильтр. Значение объема должно быть скорректировано с учетом калибровки воздухозаборника.

Действие 2

Промаркировать нестираемым маркером боковую сторону или дно новой плоскодонной подложки для счета из нержавеющей стали, в которую будет помещен для счета фильтр.

ПРИМЕЧАНИЕ

Не рекомендуется использовать подложки повторно.

Действие 3

Чистыми пинцетом или щипцами осторожно переместить пробу из конверта, либо пакета. Поместить фильтр в подложку вверх той стороной, на которую происходило осаждение. Если размеры фильтра и подложки точно подогнаны, убедиться с помощью пинцета, что фильтр лежит на дне подложки.

Пробы воды

Действие 4

Выпарить до сухого остатка соответствующую аликвоту пробы воды, используя, если это возможно, взвешенную заранее подложку диаметром 20 см.

Действие 5

Взвесить подложку после выпаривания и вычесть вес пустой подложки для определения содержания растворенного твердого остатка пробы воды. Используя соответствующую калибровочную кривую, (Действие 6, Инструкция В1б), получить эффективность счета для измеряемой массы остатка. После этого проба готова к проведению измерения.

Счет / Анализ

Действие 6

Поместить пробу внутрь счетной камеры. Проводить счет пробы в течение, по крайней мере, 1 минуты.

ПРИМЕЧАНИЕ

Проведение счета в течение более длительного времени целесообразно для лучшей статистики, однако может оказаться невозможным в аварийной ситуации.

Действие 7

В течение обычного дня проведения измерений следует измерять фон, а также альфа- и бета- стандарты, по крайней мере, один раз на каждые десять проб. Регистрировать данную информацию в журнале или хранить ее в компьютере в виде электронной таблицы. (См. также Инструкцию В1в). Выбрать наугад одну пробу из десяти и измерить ее снова. Зарегистрировать результат повторного измерения данной пробы в журнале или электронной таблице.

Действие 8

Определить концентрацию альфа- или бета- активности в воздухе и минимальную детектируемую активность (МДА), используя нижеследующую формулу.

ПРИМЕЧАНИЕ

Расчеты могут быть также проведены с использованием электронных таблиц программы анализа альфа-/бета- активности.

$$C_G^i = \frac{N_i - N_b}{\varepsilon_i \cdot q \cdot V} \cdot \frac{t_b}{t_i}$$

Где

C_G^i = концентрации альфа- или бета- активности в воздухе [Бк/м³]

i = α или β

N_i = счет пробы

t_i = время счета пробы [сек]

N_b = счет фона

t_b = время счета фона [сек]

ε_i = эффективность счета для альфа- или бета- соответственно

q = эффективность фильтра (в спецификации производителя; установленное по умолчанию значение = 1)

V = объем прокаченного через фильтр воздуха [м³]

При измерении бета-активности (на бета- плато) в присутствии альфа-активности концентрацию бета-излучателей можно определить с помощью следующей формулы:

$$C_G^\beta = \frac{n_\beta - n_\alpha \cdot F_\alpha}{\varepsilon_\beta \cdot q \cdot V}$$

Где:

- n_β = скорость чистого счета бета-излучателей (скорость суммарного счета минус скорость фонового счета) при напряжении на бета-плато
 n_α = скорость чистого счета альфа-излучателей (скорость суммарного счета минус скорость фонового счета) при напряжении на альфа-плато
 F_α = коэффициент перекрестного наложения (помеха) для альфа-излучателей, отношение альфа-счета при напряжении на бета-плато к альфа-счету при напряжении на альфа-плато
 ε_β = эффективность счета для бета-излучателей

Действие 9

Рассчитать неопределенность расчета на уровне двух сигм, используя следующую формулу:

$$2 \cdot \sigma = 2 \cdot C_G^i \cdot \sqrt{\frac{\frac{N_i^2}{t_i^2} + \frac{N_b^2}{t_b^2}}{\left(\frac{N_i}{t_i} - \frac{N_b}{t_b}\right)^2}}$$

Действие 10

Рассчитать минимальную детектируемую активность альфа/бета излучателей в воздухе, используя следующую формулу:

$$МДА = \frac{2.71 + 4.65 \cdot \sqrt{N_b}}{\varepsilon_i \cdot q \cdot V \cdot t}$$

Где

МДА = минимальная детектируемая активность

t = время счета [сек]; должно быть одинаково для пробы и фона

Действие 11

Зарегистрировать все результаты в Карте В1.

| | | |
|--|---|-------------------|
| <i>Выполняется:</i> <i>Группой изотопного анализа</i> | ИНСТРУКЦИЯ В1а | <i>Стр.1 из 3</i> |
| | КАЛИБРОВКА ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО СЧЕТЧИКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ ВОЗДУШНЫХ ФИЛЬТРОВ | |

Цель

Откалибровать пропорциональный альфа-/бета- счетчик для измерений воздушных фильтров.

Обсуждение

Для подготовки калибровочных стандартов используются воздушные фильтры того же вида и размера, что и в воздухозаборниках. Готовятся отдельные стандарты для альфа- и бета- излучателей. Обычно для альфа-калибровки используют ^{241}Am , для бета-калибровки – смесь $^{90}\text{Sr} / ^{90}\text{Y}$. В настоящей инструкции будет обсуждено проведение простой калибровки. Калибровочные стандарты должны быть получены от поставщика калибровочных источников. Рекомендуется использовать вторичные стандарты калибровочных источников.

Предостережения / Ограничения

Удостоверьтесь, что окно газопроточного альфа-/бета- счетчика достаточно тонкое для измерений в пределах желаемого качества данных. Скорость потока газа через детектор должна соответствовать таковой в спецификации производителя. Газ должен быть пропущен через детектор хотя бы за 1/2 часа до работы прибора.

Приборы / Ресурсы

- Пропорциональный альфа-/бета- счетчик
- Стандартные растворы

Подготовка стандартов

Действие 1

Установить рабочее напряжение для одновременного альфа- и бета- счета в соответствии с инструкциями производителя к прибору. Данное рабочее напряжение должно использоваться для всех типов измерений: проведения калибровки, измерений проб и фона.

Альфа-стандарт

Действие 2

Подготовить калибровочный стандарт для альфа- излучателей с использованием ^{241}Am :

- 2.1. Установить новый фильтр таким образом, чтобы нанесенный на него пипеткой жидкий стандарт не дотрагивался до держателя.
- 2.2. Нанести пипеткой на фильтр небольшими каплями известную активность ^{241}Am таким образом, чтобы капли были равномерно распределены по площади фильтра, не закрытой держателем.
- 2.3. Дать высохнуть каплям на воздухе, либо медленно ускорить высушивание с помощью инфракрасной лампы.

- 2.4. Переместить фильтр в промаркированную плоскодонную подложку для счета такого же размера.
- 2.5. Поместить эту подложку внутрь маркированной упаковки, на которой указана активность и радионуклид стандарта.
- 2.6. Хранить фильтр в осушаемом сосуде, когда он не используется.

После этого альфа-стандарт готов для счета (Действие 4).

ПРИМЕЧАНИЕ

Обычно фильтр крепится с помощью круглого держателя для обычной химической стеклянной посуды.

Как правило, радионуклиды будут оседать в центре на 75% поверхности фильтра. Само осаждение лучше всего проводить с использованием небольшой капельницы, точно взвешенной до и после добавления калибровочного стандарта. Количество используемого калибровочного стандарта должно быть таково, чтобы в течение около 5 минут измерения регистрировалось примерно 10,000 импульсов.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Обращаться с готовым калибровочным фильтром только с помощью пинцета.

Бета-стандарт

Действие 3

Подготовить калибровочный стандарт для бета-излучателей с использованием смеси $^{90}\text{Sr} / ^{90}\text{Y}$. Установить новый фильтр таким же образом, как указано выше в Действии 2. Не использовать тот же фильтр, который перед этим был использован для осаждения ^{241}Am .

После этого бета-стандарт готов для счета (Действие 4).

Счет

Действие 4

Провести счет обоих стандартов в течение, по крайней мере, 5 минут.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Убедитесь в низком альфа-счете альфа-стандарта по бета-каналу. Убедитесь в низком бета-счете бета-стандарта по альфа-каналу. В спецификации производителя прибора должна содержаться информация о среднем перекрестном наложении (помехе) прибора; если измеряемое перекрестное наложение превышает указанное в спецификации значение более чем на 10-15%, это может свидетельствовать о проблеме в установке прибора.

Действие 5

Рассчитать эффективность, используя следующую формулу:

$$\epsilon_i = \frac{N_s}{t_s \cdot A_s}$$

**Калибровка пропорционального счетчика
для измерений воздушных фильтров**

Инструкция В1а, Стр.3 из 3

Где

A_s = действительная активность калибровочного источника (стандарта) [Бк]

N_s = счет калибровочного источника

t_s = время счета калибровочного источника [сек]

Действие 6

Зарегистрировать все данные в журнале.

| | | |
|--|--|-------------------|
| <i>Выполняется:</i> <i>Группой изотопного анализа</i> | ИНСТРУКЦИЯ В16 | <i>Стр.1 из 3</i> |
| | КАЛИБРОВКА ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО СЧЕТЧИКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПРОБ ВОДЫ | |

Цель

Откалибровать пропорциональный альфа-/бета- счетчик для измерений проб воды.

Обсуждение

Готовятся отдельные стандарты для альфа- и бета- излучателей. Обычно для альфа-калибровки используют ^{241}Am , для бета- калибровки – смесь $^{90}\text{Sr} / ^{90}\text{Y}$. В настоящей инструкции будет обсуждено проведение простой калибровки. Калибровочные стандарты должны быть получены от поставщика калибровочных источников. Рекомендуется использовать вторичные стандарты калибровочных источников.

Предостережения / Ограничения

Удостоверьтесь, что окно газопроточного альфа-/бета- счетчика достаточно тонкое для измерений в пределах желаемого качества данных. Скорость потока газа через детектор должна соответствовать таковой в спецификации производителя. Газ должен быть пропущен через детектор хотя бы за 1/2 часа до работы прибора.

Приборы / Ресурсы

- Пропорциональный альфа-/бета- счетчик
- Подложка из нержавеющей стали с плоским дном; предпочтительно диаметром 20 см

Реагенты

- стандартный раствор ^{241}Am
- стандартный раствор $^{90}\text{Sr} / ^{90}\text{Y}$
- сульфат кальция; твердый
- азотная кислота; концентрированная
- раствор сульфата кальция; 2.5%. Взвесить 2.5 г сульфата кальция и осторожно прилить 10 мл горячей концентрированной азотной кислоты. Развести водой до 100 мл
- Метанол

Подготовка стандартов

Действие 1

Установить рабочее напряжение для одновременного альфа- и бета- счета в соответствии с инструкциями производителя к прибору. Данное рабочее напряжение должно использоваться для всех типов измерений: проведения калибровки, измерений проб и фона.

Альфа-стандарт

Действие 2

Подготовить ряд калибровочных стандартов с ^{241}Am и различным количеством раствора сульфата кальция:

- 2.1. Промаркировать новую подложку из нержавеющей стали таким же образом, как и пробы, с указанием идентификационного номера, типа источника и его активности. Взвесить подложку.
- 2.2. Добавить известную активность ^{241}Am вместе с соответствующим объемом раствора сульфата кальция для получения требуемого количества остатка. Используя воду или метанол, обеспечить равномерное распределение смеси по поверхности подложки.

ПРИМЕЧАНИЕ

Количество добавленного калибровочного стандарта должно быть таково, чтобы в течение около 5 минут измерения регистрировалось примерно 10,000 импульсов.

- 2.3. Дать высохнуть каплям на воздухе, либо медленно ускорить высушивание с помощью инфракрасной лампы.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Некоторые вещества в твердой форме могут кристаллизоваться по краям подложки. Для предотвращения этого в некоторых лабораториях практикуют следующее: нанести некоторое количество силиконовой смазки по кромке подложки. Количество смазки должно быть таково, чтобы не произошло загрязнение счетчика. Необходимые условия можно определить опытным путем с помощью растворов, не содержащих радиоактивности.

- 2.4. Еще раз взвесить подложку для определения массы остатка.
- 2.5. Повторить Действия 2.1. - 2.4. для получения ряда значений массы остатка.

ПРИМЕЧАНИЕ

Диапазон количества растворенных твердых веществ, остающихся после выпаривания пробы воды из конкретного водного источника получают опытным путем. Эффективность счета для измеренной пробы определяют с помощью графика зависимости эффективности счета от массы остатка.

- 2.6. Хранить фильтр в осушаемом сосуде, когда он не используется.

После этого альфа-стандарт готов для счета (Действие 4).

Бета-стандарт

Действие 3

Подготовить ряд калибровочных стандартов с использованием смеси $^{90}\text{Sr} / ^{90}\text{Y}$, вместо ^{241}Am , таким же образом, как было указано выше в Действии 2. Не использовать те же подложки, которые перед этим были использованы для альфа-стандартов.

После этого бета-стандарт готов для счета (Действие 4).

Счет

Действие 4

Провести счет обоих стандартов в течение, по крайней мере, 5 минут.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Убедитесь в низком альфа-счете альфа-стандарта по бета-каналу. Убедитесь в низком бета-счете бета-стандарта по альфа-каналу. В спецификации производителя прибора должна содержаться информация о среднем перекрестном наложении (помехе) прибора; если измеряемое перекрестное наложение превышает указанное в спецификации значение более чем на 10-15%, это может свидетельствовать о проблеме в установке прибора.

Действие 5

Рассчитать эффективность для каждого стандарта, используя следующую формулу:

$$\epsilon_i = \frac{N_s}{t_s \cdot A_s}$$

Где

A_s = действительная активность калибровочного источника (стандарта) [Бк]

N_s = счет калибровочного источника

t_s = время счета калибровочного источника [сек]

Действие 6

Начертить кривую эффективности счета в зависимости от массы остатка для альфа- и бета- стандарта.

Действие 7

Зарегистрировать все данные в журнале.

| | | |
|--|--|-------------------|
| <i>Выполняется:</i> <i>Группой изотопного анализа</i> | ИНСТРУКЦИЯ В1в | <i>Стр.1 из 2</i> |
| | КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО СЧЕТЧИКА АЛЬФА-БЕТА ИЗЛУЧЕНИЙ | |

Цель

Регулярно и перед компанией по проведению измерений осуществлять контроль качества пропорционального альфа-/бета- счетчика.

Обсуждение

Контроль качества включает в себя проведение, по крайней мере, четырех измерений: измерение фона нового незагрязненного фильтра, измерение известного источника, длительное измерение фона и повторные измерения проб. Рекомендуется участие в проводимых IAEA, WHO, EPA, EML или другими организациями интерсличениях для воздушных проб.

Приборы / Ресурсы

- Пропорциональный альфа-/бета- счетчик
- Новый незагрязненный фильтр
- Пустая подложка
- Стандартный источник

Ежедневно

Действие 1

- 1.1 Провести счет фона в течение, по крайней мере, 30 минут, поместив новый незагрязненный фильтр в такую же подложку, как и используемая в полевых условиях (как правило, ежедневное измерение фона проводят в течение 60 – 100 минут).
- 1.2 Провести измерение при пустой подложке.
- 1.3 Зарегистрировать и начертить диаграмму импульсов в журнал контроля качества.
- 1.4 Определить превышение прибором ошибки счета в 1 σ , используя обычную статистику.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если фоновый счет выходит за пределы указанного в спецификации, следует искать другие причины, например загрязнение подложки, счетной камеры, слишком свежий газ для счета, недостаточное или низкое качество газа.

Действие 2

Измерять каждый день в течение одинакового времени известный радиоактивный источник (стандарт). Начертить результаты измерения в единицах: импульсы в минуту или импульсы в секунду. Отклонения за пределы обычных статистических расчетов могут свидетельствовать о наличии проблем в системе счета.

ПРИМЕЧАНИЕ

Некоторые лаборатории будут использовать для этих целей напыленные источники от поставщиков калибровочных источников, некоторые - пробы неизвестной, но до некоторой степени высокой, радиоактивности.

Периодически

Действие 3

Проводить длительное измерение фона (>1000 минут) один раз в месяц. Такое измерение может выявить очень низкий уровень загрязнения, которое могло возникнуть вследствие неаккуратного обращения с пробами или некачественных методов их подготовки.

Действие 4

Провести повторный счет проб, используя случайную выборку 10% проб.

Действие 5

Зарегистрировать и сохранять все данные в журнале пропорционального альфа-/бета-счетчика.

РАЗДЕЛ Г
ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЯ

Предупреждение: инструкции в этом разделе должны быть пересмотрены в соответствии с условиями и возможностями применения

| | | |
|--|--|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ Г1 | <i>Стр. 1 из 5</i> |
| <i>Группой спектрометрии in-situ</i> | ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЯ IN-SITU | |

Цель

Определить радионуклидный состав загрязнения почвы и поверхностную концентрацию выпавших радионуклидов, которую можно будет сопоставить со значениями действующих уровней вмешательства ДУВ6 и ДУВ7.

Обсуждение

Спектры гамма-спектрометра (NaI(Tl) или HPGe детектор, расположенный в положении вниз на расстоянии 1 м от поверхности земли) анализируются по параметрам пика спектра (расположение и интенсивность пика). Линии энергий используются для идентификации радионуклидов, интенсивность линии преобразуется в данные о поверхностном загрязнении. В действительности, полевой спектр покрывает территорию в несколько сотен м². Таким образом, происходит усреднение локальных неравномерностей распределения радионуклидов. Измеряемый источник, в основном, представляет собой пробу почвы большого объема, поскольку неэкранированный детектор измеряет поток фотонов от объема почвы в радиусе порядка 100 м и вниз на глубину около 30 см, в зависимости от энергии фотонов.

В некоторых особых случаях, для целей картирования может потребоваться проведение последовательной гамма-спектрометрии in-situ. Разведку такого типа предпочтительно проводить с помощью более грубых NaI(Tl) сцинтилляционных спектрометров, установленных на машине. В этом случае спектральные данные хранятся вместе с географическими координатами и временными параметрами, получаемыми с помощью спутниковой системы определения координат. Синхронный сбор указанной информации производится компьютером. Возможна оценка данных на месте и отражение на дисплее основных параметров, а также регистрация “чистого” пика в предопределенных областях спектра, характерных для энергетических линий исследуемых радионуклидов. Для выполнения указанных задач имеются в наличии системы, выпускаемые промышленностью, кроме того, можно смонтировать такую систему самостоятельно из основных частей различных приборов (спектрометр, спутниковая система определения координат, компьютер).

Резюме

| | |
|-------------------------|---|
| Объект анализа: | Гамма-излучающие радионуклиды |
| Геометрия: | NaI(Tl) или HPGe детектор, помещенный на расстоянии 1 м от поверхности земли |
| Виды проб: | Не требуется отбор проб |
| Матрица: | Почва, воздух |
| МДА: | 100 Бк/м ² (в зависимости от эффективности детектора и радионуклида) |
| Время измерения: | 100 – 1000 сек |
| Точность: | ±10 - ±50 % (в зависимости от точности калибровки и условий окружающей среды) |

Предостережения / Ограничения

Спектрометр должен быть заранее откалиброван для проведения гамма-спектрометрии in-situ (Инструкция Г1а) – должен быть известен отклик детектора как функция энергии фотонов и угла падения.

Знайте, что при измерениях на территориях с высокими уровнями загрязнения на результаты анализа могут серьезно повлиять проблемы с мертвым временем и искажение формы пика. Диапазон применимости прибора можно расширить на порядки ограничением его чувствительности путем экранирования.

Всегда осознавайте опасность, с которой вы можете столкнуться в полевых условиях, и примите необходимые меры предосторожности. Никогда не предпринимайте каких-либо действий в полевых условиях при отсутствии средств защиты. Всегда знайте, каким образом использовать средства защиты

Все действия по мониторингу должны быть проведены таким образом, чтобы облучение персонала поддерживалось на разумно достижимом низком уровне. Члены группы должны быть осведомлены об уровнях дозовых рекомендаций по возвращению.

Приборы / Ресурсы

- Оборудование, общее для всех групп реагирования (Контрольный перечень А0)
- Оборудование Группы гамма-спектрометрии in-situ (Контрольный перечень Г1)

До отправления на место

Действие 1

- 1.1. Получить начальный инструктаж и назначение от Специалиста по мониторингу окружающей среды/Специалиста-радиолога.
- 1.2. Получить соответствующее оборудование, используя Перечни А0 и Г1.
- 1.3. Проверить приборы, используя Инструкцию А0, проверить спектрометр, используя Инструкцию Г3.
- 1.4. Провести проверку работы радиосвязи при отбытии по назначению.
- 1.5. Провести проверку GPS при отбытии по назначению.

Действие 2

В соответствии с инструкциями Специалиста по мониторингу окружающей среды / Специалиста-радиолога:

- 2.1. Обернуть приборы полиэтиленовой пленкой для предупреждения загрязнения.
- 2.2. Включить кнопку тревоги на прямопоказывающих дозиметрах.
- 2.3. Надеть соответствующие средства индивидуальной защиты.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Если вы используете германиевый детектор, проверьте наличие жидкого азота в сосуде Дьюара детектора и добавьте его в случае необходимости. Если вы используете спектрометр на батарейках, – проверьте батарейки.

Определение места измерения

Действие 3

Следовать к месту проведения измерения, указанному Специалистом по мониторингу

окружающей среды/Специалистом-радиологом. Выбрать открытую, ровную, плоскую поверхность, удаленную от возмущающих объектов, на которой не проводилась сельскохозяйственная вспашка или другие виды деятельности, повреждающей распределение радионуклидов в вертикальном профиле, сформировавшееся после выпадений. Проверить с помощью дозиметра, не попали ли вы на горячий участок.

Действие 4

Зарегистрировать в Карте Г1 среднее значение мощностей доз, измеренных на исследуемой территории. Зарегистрировать все остальные, относящиеся к делу, параметры места проведения измерений, которые могут оказаться важны для дальнейшей оценки. При наличии спутниковой системы определения координат, снять координаты местоположения и зарегистрировать их в Карте Г1. В случае отсутствия системы - установить координаты, нанести их на карту и зарегистрировать в Карте Г1.

Измерение

Действие 5

Развернуть спектрометр: закрепить детектор на подставке посередине выбранного участка, расположив его на расстоянии 1 м над поверхностью земли в положении головки детектора вниз. Установить анализатор на расстоянии нескольких метров от детектора. На Рисунке Г1 представлен пример расположения оборудования на типичном полевом участке.

РИСУНОК Г1
ТИПИЧНЫЙ ПОЛЕВОЙ УЧАСТОК ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИИ IN-SITU



Примечание: На рисунке представлена территория с низким уровнем загрязнения. В случае сильного загрязнения территории использовались бы индивидуальные средства защиты персонала и защита оборудования. Предоставлено Институтом Йозефа Стефана, Словения.

Действие 6

Включить спектрометр, проверить базовые параметры и мертвое время. Установить требуемое время измерения. Рекомендуемое время измерения: от 100 до 1000 сек, в зависимости от эффективности детектора и уровня загрязнения.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Если мертвое время превышает 20%, используйте соответствующую защиту для уменьшения скорости счета и расширения диапазона измерений. Убедитесь, что при оценке результатов принято в расчет экранирование.

Действие 7

Начать измерение в течение заданной продолжительности времени. После завершения измерения сохранить полученный спектр под соответствующим именем файла (идентификационный код). Зарегистрировать все остальные требующиеся данные в Карте Г1.

Анализ

ПРИМЕЧАНИЕ

Во многих случаях для быстрого представления результатов в полевых условиях используется встроенная функция анализатора находить и анализировать пики. В исходном спектре и соответствующих интересующих зонах определяют выступающие пики. В некоторых анализаторах для предоставления немедленной оценки концентрации применяются запрограммированные функции, использующие чистые пики, время счета и калибровочные коэффициенты C_f .

Для получения более завершенной оценки используется ноутбук, соединенный с анализатором и выполняющий программу анализа спектра. При желании можно полностью собрать портативную систему, используя компьютер ноутбук на батареях. Ниже следует типичная последовательность оценки данных вручную.

Действие 8

Установить энергетические зоны (интересующие области) вокруг выступающих пиков в спектре и определить энергии пиков.

ПРИМЕЧАНИЕ

При использовании NaI(Tl) спектрометра обычно можно идентифицировать и использовать только линии наиболее высоких энергий радионуклида (серии нуклидов), перечисленные в Таблице Г1.

При использовании HPGe систем, если пик расположен в пределах, отличающихся на 2 кэВ от табличных значений энергии, провести перекалибровку энергетической шкалы спектрометра, используя Инструкцию Г2а. Для систем NaI(Tl) - ± 10 кэВ.

Действие 9

Визуально проверить спектр на наличие каких-либо дополнительных пиков. Установить энергетические зоны вокруг этих пиков, определить расположение пиков (энергии) и идентифицировать пики, используя соответствующую библиотеку радионуклидов или Приложение IV.

ПРИМЕЧАНИЕ

При наличии такой возможности, может быть осуществлен автоматический поиск, позволяющий идентифицировать любые пики в спектре и установить энергетические зоны для значительных линий из найденных.

Действие 10

Рассчитать “чистые” пики, используя следующий алгоритм:

- 10.1 Суммировать все импульсы в соответствующей анализируемой области
- 10.2 Рассчитать среднее значение фоновых импульсов с двух сторон пика по трем каналам
- 10.3 Для получения значения пика фонового счета умножить рассчитанное среднее значение на число каналов в пике
- 10.4 Для получения “чистого” пика вычесть фоновый счет из общего количества импульсов пика

ПРИМЕЧАНИЕ

Вышеуказанный алгоритм применим только для отдельных пиков. Определение площади перекрывающихся пиков требует использования более сложных развернутых методов, а также компьютеров.

Действие 11

Оценить содержание радионуклида в почве, используя следующую формулу:

$$C = \frac{10 \cdot (N - N_b)}{t \cdot C_f \cdot p_\gamma}$$

Где:

- C = содержание в почве измеренного радионуклида [кБк/м²]
 N = импульсы в пике с энергией E
 N_b = фоновые импульсы в пике с энергией E
 t = время измерения [сек]
 C_f = калибровочный коэффициент детектора при энергии E [см²] (результат Инструкции Г1а)
 p_γ = излучающая способность нуклида при энергии E

Действие 12

Зарегистрировать параметры измерения и анализа, а также результаты в Карте Г1. Переместиться на следующую точку измерения.

Контроль загрязнения**Действие 13**

Периодически проводить мониторинг машины и персонала, регистрировать показания, время, расположение в Карте А4а и А5 соответственно.

Действие 14

По окончании и в течение задания проводить мониторинг персонала и оборудования (контроль загрязнения), используя Инструкции А5 и А8, или запросить помощь Группы индивидуального мониторинга и дезактивации.

| | | |
|---|--|------------|
| Выполняется: Группой спектрометрии <i>in-situ</i> | ИНСТРУКЦИЯ Г1а | Стр.1 из 7 |
| | КАЛИБРОВКА СПЕКТРОМЕТРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ IN-SITU | |

Цель

Откалибровать спектрометр для проведения измерений *in-situ*.

Обсуждение

Интерпретация измерений, проведенных *in-situ* с помощью гама-спектрометра, то есть переход от интенсивности линий спектра к концентрации радионуклидов в окружающей среде, базируется на допущении о пропорциональности указанных величин. Для данного распределения радионуклида в почве коэффициент перехода может быть рассчитан с использованием характерных для детектора значений эффективности и коэффициентов переноса в окружающей среде для конкретной геометрии источник-детектор. В отличие от лабораторных анализов проб окружающей среды (при которых для калибровки обычно используются стандартные радиоактивные источники), калибровка гамма-спектрометра для измерений *in-situ* требует сочетания измерений калибровки эффективности детектора и расчетов переноса фотонов.

Распределение радионуклидов на/в почве обычно неизвестно *a priori*, а описывающие концентрацию функции обычно аппроксимируются с помощью определенных моделей. В большинстве случаев распределение искусственных радионуклидов в почве может быть описано функцией экспоненциального уменьшения распределения с увеличением глубины слоя залегания. При этом важной характеристикой является параметр релаксации на единицу площади ρ/α . Сразу после аварии на реакторе такие характеристики, как время-зависимое распределение радионуклидов в почве и их миграция в более глубокие слои почвы играют незначительную роль. Рекомендуемое среднее значение релаксации на единицу площади (ρ/α) составляет 0.3 г/см². Используя в качестве допущения уровень поверхностного загрязнения, можно недооценить уровень концентрации радионуклидов в почве с фактором неопределенности до 2 [14]. В случае свежих выпадений предполагается, что радиоактивные материалы равномерно распределены на горизонтальной поверхности и полностью находятся на поверхности земли, то есть, не рассматривается их проникновение в более глубокие слои почвы.

Основой калибровки является подход, предложенный первоначально Н. L. Beck et al. [14] в начале 60-х годов и пересмотренный затем в [10]. Отношение скорости счета в чистом пике (R_f) характеристической линии к поверхностной концентрации (A_s) данного радионуклида может быть выражено как произведение трех коэффициентов, каждый из которых может быть определен отдельно:

$$C_f = \frac{R_f}{A_s} = \frac{R_f}{R_o} \cdot \frac{R_o}{\Phi} \cdot \frac{\Phi}{A_s}$$

Где:

C_f = калибровочный коэффициент детектора

R_o/Φ = коэффициент отклика детектора; уровень импульсов пика вследствие единичной первичной плотности потока фотонов с энергией E, попадающего на детектор вдоль оси детектора (обычно на переднюю поверхность детектора)

R_f/R_o = коэффициент угловой поправки; необходим для учета углового отклика детектора

Φ/A_s = геометрический коэффициент; общая плотность потока фотонов, падающего на детектор, на единицу концентрации или выпавшего количества радионуклида

В данном случае концентрация может быть представлена активностью на единицу объема, массы или площади поверхности.

Коэффициент угловой поправки для германиевых детекторов с сопоставимыми диаметрами и длиной близок к 1.

Предостережения / Ограничения

Калибровка спектрометра для проведения гамма-спектрометрии in-situ должна быть проведена заранее – до любого использования.

Приборы / Ресурсы

- Спектрометр
- Сертифицированные референсные точечные источники

Действие 1

Провести калибровку энергии, используя Инструкцию Г2а.

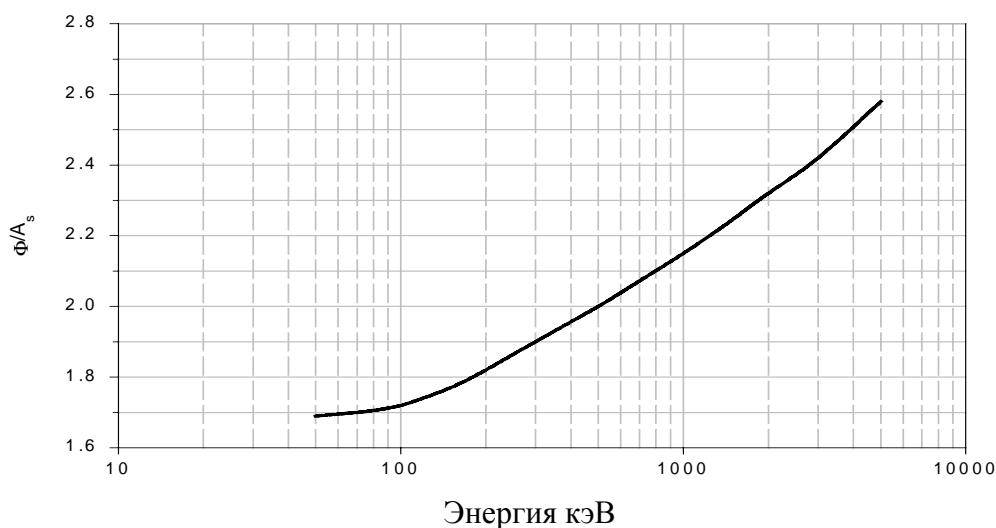
Геометрический коэффициент Φ/A_s

Действие 2

Определить коэффициент Φ/A_s для пика в энергетическом спектре E, используя Рисунок Г2.

РИСУНОК Г2

Φ/A_s КАК ФУНКЦИЯ ЭНЕРГИИ ФОТОНОВ ПРИ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ИСТОЧНИКА НА ПОВЕРХНОСТИ (НА ВЫСОТЕ 1 М НАД ЗЕМЛЕЙ)



ПРИМЕЧАНИЕ

Указанные на Рисунке Г2 значения соответствуют ситуации равномерного распределения радионуклидов на плоской поверхности без проникновения радионуклидов в почву; в данной модели не учитывается вклад содержащихся в воздухе радионуклидов.

Коэффициент отклика детектора R_o/Φ

Действие 3

Определить коэффициент R_o/Φ путем проведения калибровочных измерений сертифицированных референсных источников [9].

- 3.1. Расположить источник на расстоянии, по крайней мере, 1 м от детектора и под обычным углом по отношению к детектору. Начать съем данных.

ПРИМЕЧАНИЕ

Источник помещается вдоль оси симметрии детектора на расстоянии, приемлемом для испускания четко параллельного пучка фотонов на переднюю поверхность детектора.

Время измерения должно быть выбрано в зависимости от интенсивности пиков, которая зависит от активности источника и эффективности детектора. Следует оставить достаточно времени для получения хорошей статистики счета для принимаемых во внимание пиков (таким образом, чтобы статистическая ошибка была меньше 5%).

- 3.2. Рассчитать плотность потока, не попавшего на эффективный центр кристалла детектора:

$$\Phi = \frac{A \cdot p_{\gamma}}{4\pi r^2} e^{-\mu_a x} e^{-\mu_h y}$$

Где:

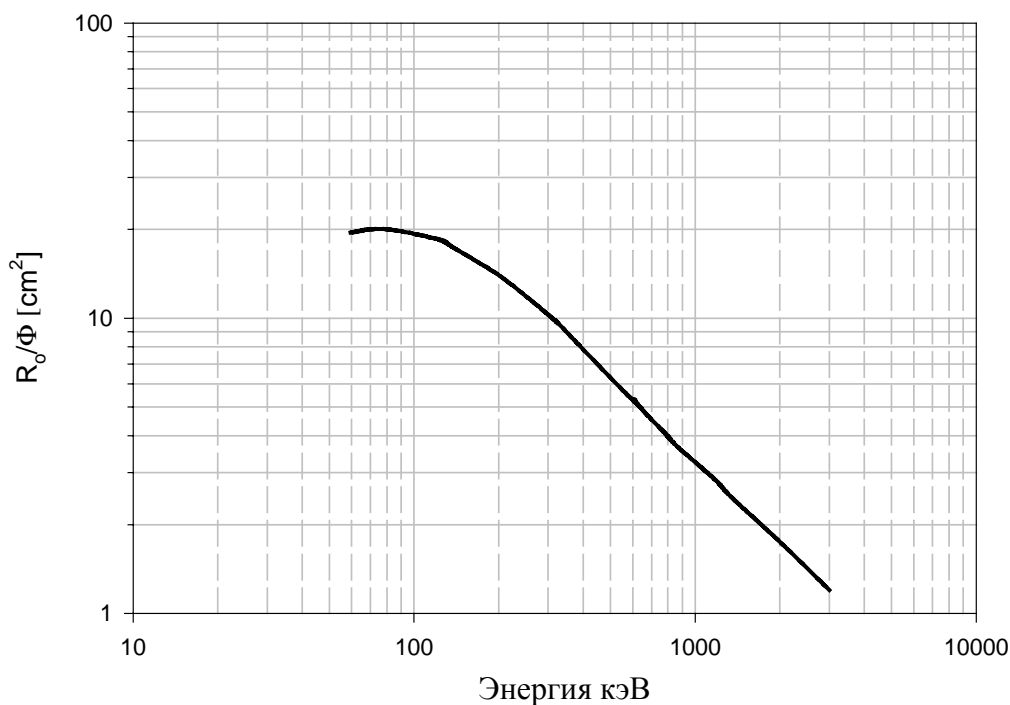
- A = активность использованного источника
 p_{γ} = излучающая способность нуклида при энергии E
 μ_a = коэффициент ослабления в воздухе для гамма-лучей энергии E [см^{-1}]
x = расстояние в воздухе между контейнером с пробой и верхней поверхностью детектора [см]
 μ_h = коэффициент ослабления в контейнере с пробой [см^{-1}]
y = расстояние в контейнере с пробой, которое должны пройти гамма-лучи на пути к детектору [см]
r = расстояние от источника до эффективного центра кристалла [см];
i. для E > 1 МэВ эффективный центр кристалла для гамма-лучей расположен примерно в геометрическом центре кристалла
ii. для E < 0,1 МэВ эффективный центр кристалла для гамма-лучей находится примерно на передней поверхности кристалла
iii. в диапазоне энергий между двумя указанными значениями оценка среднего проникновения основывается на коэффициенте поглощения кристалла

$$r = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{1 - e^{-\mu d} (\mu d + 1)}{1 - e^{-\mu d}} + d_0 + x$$

- μ = коэффициент ослабления в Ge детекторе при энергии E [см^{-1}]
d = толщина германиевого кристалла [см]
 d_0 = расстояние между верхней поверхностью детектора и кристаллом [см]

- 3.3. Снять спектр и определить скорость счета в пике полного поглощения
3.4. Снять спектр при отсутствии источника и вычесть из измеренной ранее скорости счета любой вклад в пик фона
3.5. Для определения R_0/Φ разделить полученное значение скорректированной скорости счета на плотность потока
3.6. Провести такие измерения для различных энергий (параллельно или отдельно)
3.7. Нанести на логарифмический график точки значений R_0/Φ для различных энергий и плавно соединить их кривой

РИСУНОК Г3
ТИПИЧНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ОТКЛИКА ДЛЯ Ge ДЕТЕКТОРА ПРИ
ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ 22%



ПРИМЕЧАНИЕ

Существуют два основных типа Ge детекторов, используемых для целей спектрометрии. Мертвый слой наружной поверхности, отделяющий случайное облучение, так называемого р-типа детектора - толще, n-типа - тоньше. Ослабление в мертвом слое приводит к ограничению эффективности фотопика, особенно в низкоэнергетическом диапазоне. По этой причине детекторы n-типа обычно выпускают с тонким окном из легкого материала (например, Be) для расширения диапазона применимости прибора на измерение низкоуровневого гамма- и R-излучения. Поэтому детекторы n-типа более чувствительные и хрупкие, и должны использоваться с особой осторожностью для измерений in-situ. Хотя оба типа приборов применимы, предпочтение, если это возможно, следует отдать более прочным детекторам р-типа.

Коэффициент угловой поправки R_f/R_o

Действие 4

Определить коэффициент угловой поправки путем измерения изменений эффективности счета детектора как функции угла падения фотонов (ϑ), и используя данные углового распределения плотности из [14].

- 4.1. Измерить скорость счета в чистом пике (скорость счета в пике минус любой фоновый счет в пике) $R_f(\vartheta)$, используя точечный источник, расположенный на установленном расстоянии, по крайней мере, 1 метра от кристалла, и изменять угол падения с шагом в 10° $\vartheta=0^\circ$ (обычно, на переднюю поверхность детектора) и $\vartheta=90^\circ$
- 4.2. Разделить значение $R_f(\vartheta)$ на скорость счета R_o , полученную в первоначальном положении источника. Нанести полученные значения относительного отклика $R_f(\vartheta)/R_o$ для каждого угла падения и соединить точки плавной кривой
- 4.3. Найти численное значение следующего выражения:

$$\frac{R_f}{R_o} = \int_0^{\pi/2} \frac{\Phi(\vartheta)}{\Phi} \frac{R_f(\vartheta)}{R_o} d\vartheta$$

Данные о распределении угловой поправки $\Phi(\vartheta)/\Phi$ можно взять в [14].

- 4.4. Прodelать аналогичную процедуру для нескольких энергий и нанести полученные значения R_f/R_o для каждой энергии. Соединить точки плавной кривой (См. Рисунок Г4)

Действие 5

Рассчитать калибровочные коэффициенты детектора для различных энергий путем перемножения трех следующих коэффициентов:

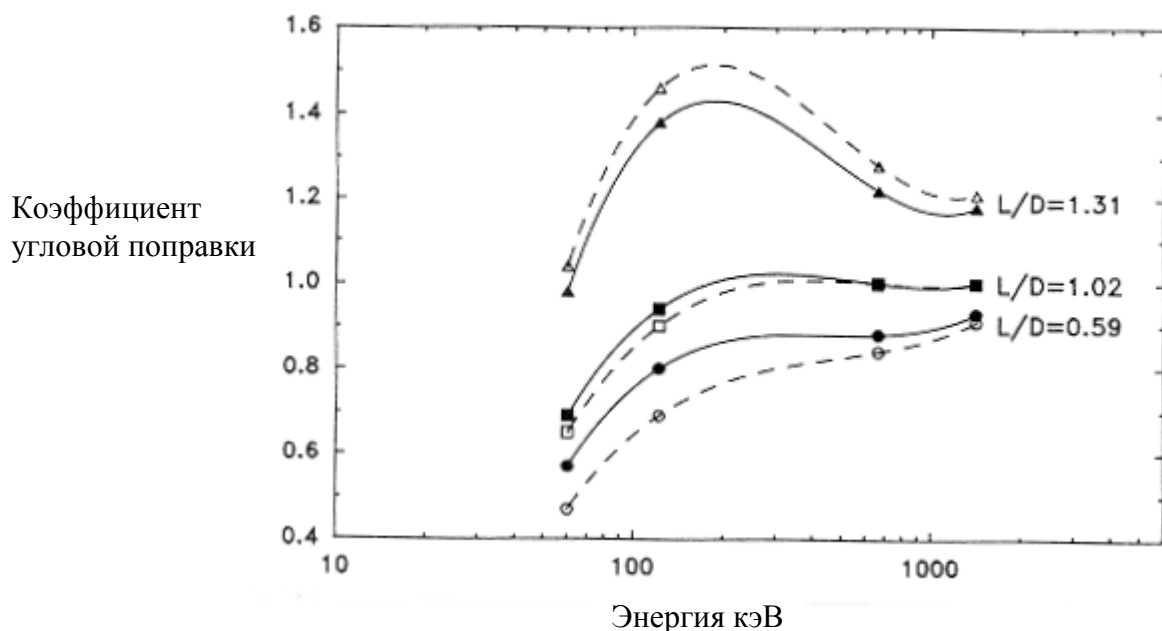
$$C_f = \frac{R_f}{R_o} \cdot \frac{R_o}{\Phi} \cdot \frac{\Phi}{A_s}$$

Нанести на логарифмическую шкалу полученные значения C_f относительно энергии, соединить точки плавной кривой и сохранить диаграмму в журнале спектрометра.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если для оценки измерений in-situ используется компьютер с соответствующей программой, целесообразно ввести значения указанных коэффициентов в файл, сохранить и использовать данные как параметры эффективности для данного вида геометрии измерений.

РИСУНОК Г4
ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА УГЛОВОЙ ПОПРАВКИ
ДЛЯ ГЕРМАНИЕЕВЫХ ДЕТЕКТОРОВ



ПРИМЕЧАНИЕ

Значение данного коэффициента (как функция энергии) очень сильно зависит от геометрии детектора (небольшой диск или длинный стержень), в связи с чем трудно предоставить диаграмму, которая бы подходила к использованию во всех случаях. На рисунке представлены три различные пары кривых для распределения источника, который является однородным по глубине (_____) и виду поверхности (- - - - -). L и D – соответственно длина и диаметр кристалла.

| | | |
|---|---|-------------------|
| <i>Выполняется:</i> <i>Группой спектрометрии in-situ</i> | ИНСТРУКЦИЯ Г16 | <i>Стр.1 из 2</i> |
| | БЫСТРАЯ КАЛИБРОВКА В СЛУЧАЕ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ | |

Цель

Провести быструю калибровку неоткалиброванного ранее спектрометра для проведения измерений in-situ в случае аварийной ситуации.

Обсуждение

Желательно проводить детальную калибровку спектрометра (Инструкция Г1а) до его использования в аварийной радиационной ситуации. Однако может оказаться необходимым использовать систему, неоткалиброванную для специального использования in-situ (портативные или переносные гамма-спектрометры в исследовательских институтах, университетах, лабораториях контроля пищевых продуктов и т.д., которые используются иным образом в других целях). Проведение быстрой калибровки до, во время или даже после измерений может помочь в оценке уровня радиоактивного загрязнения. Для получения значений калибровочного коэффициента C_f используется следующая процедура.

Предостережения / Ограничения

Германиевый детектор, используемый обычно для других целей, кроме гамма-спектрометрии in-situ, может оказаться неподходящим для геометрии, требуемой для полевых измерений. Всегда помните об опасности утечки жидкого азота при установке детектора в рабочее положение проведения измерений.

Точность измерений при проведении описанной ниже быстрой калибровки находится в пределах фактора 2.

Приборы / Ресурсы

- Спектрометр
- Сертифицированные референсные точечные источники

Действие 1

Определить Φ/A_s для интересующей энергии, используя Рисунок Г2.

Действие 2

Выбрать точечный гамма-источник с приемлемо длительным периодом полураспада и линией/линиями гамма-излучения в среднем энергетическом диапазоне (хорошим выбором является ^{137}Cs с линией 662 кэВ).

Действие 3

Определить значение R_o/Φ для этой линии, выполняя только Действия 3.1 - 3.5 Инструкции Г1а.

Действие 4

Сделать копию Рисунка Г3 и нанести полученное значение R_o/Φ . Нарисовать кривую, параллельную имеющейся кривой эффективности таким образом, чтобы новая кривая проходила через нанесенную новую точку.

Действие 5

Определить R_0/Φ для интересующей энергии с помощью полученной новой кривой эффективности.

Действие 6

Принять значение R_f/R_0 для интересующей энергии за 1 и рассчитать значение C_f , используя формулу в Инструкции Г1а.

| | | |
|-----------------------------------|--|-------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ Г2 | <i>Стр.1 из 5</i> |
| <i>Группой изотопного анализа</i> | ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЯ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ | |

Цель

Определить концентрацию гамма-излучателей в воздухе, почве, пищевых продуктах, воде, молоке или любых других пробах, которая может быть сопоставлена в дальнейшем со значениями ДУВ и общими уровнями действия (ОУД).

Обсуждение

Данная методика измерения используется для определения концентрации гамма-излучающих радионуклидов с энергией от 50 кэВ до 2000 кэВ в широком диапазоне проб. Однако предполагается, что пользователь имеет некоторый опыт и навыки в проведении гамма-спектроскопии, поскольку описание всех необходимых деталей для неопытного пользователя не входит в цели настоящего документа. Детальное описание методики можно найти в [15], обсуждение применения методики для исследования радиоактивности окружающей среды – в [16].

Перед проведением измерения любой пробы следует откалибровать спектрометр. Используйте Инструкцию Г2а для калибровки энергии, Инструкцию Г2б – для калибровки эффективности.

В результате гамма-спектрометрии соответствующим образом подготовленной пробы в свинцовом домике получают спектры, которые анализируются на предмет положения пиков и их интенсивности. Энергии пиков используют для идентификации радионуклидов, интенсивности пиков преобразуют в уровни концентрации радионуклидов.

Геометрия измерения, установленная для низкоуровневых проб, может оказаться неадекватной для проб с более высокой активностью, в связи с чем целесообразно устанавливать различные параметры детектор-проба, обеспечивающие большую гибкость измерения проб в широком диапазоне активности.

Трудно предоставить детальное описание этапов процедуры для всех различных видов спектрометров, проб или геометрии измерения. Поэтому в данной Инструкции представлена обзорная процедура.

| Резюме | |
|-------------------------|---|
| Объект анализа: | Гамма-излучающие радионуклиды |
| Геометрия: | Стандартные формы пробы, соответствующие виду пробы, в двух положениях (вблизи и на расстоянии) |
| Виды проб: | Воздушные фильтры, почва, трава, пищевые продукты, вода, молоко |
| Матрица: | В зависимости от вида пробы |
| МДА: | 0.01 – 1 Бк (в зависимости от эффективности детектора, фона и времени измерения) |
| Время измерения: | 100 - 1000 секунд |
| Точность: | ±5% - ±20 % (в зависимости от геометрии, эффективности детектора, точности калибровки, уровня загрязнения, радионуклида и т.д.) |

Предостережения / Ограничения

По практическим соображениям следует пересмотреть Инструкцию с тем, чтобы в ней были отражены особенности конкретного спектрометра и геометрии измерения, для которых она будет применяться.

НЕ изменять установки и настройки системы, а также геометрию измерения после калибровки.

Следует разделить между собой пробы с различными уровнями радиоактивности. Не следует проводить измерение высокоуровневой пробы детектором для низкой активности и наоборот. Следует быть очень осторожным во избежание любого загрязнения спектрометра и окружающего его пространства.

Настоятельно рекомендуется сохранять в журнале спектрометра записи всех относящихся к самому спектрометру данных, а также параметров пробы и измерений.

Приборы / Ресурсы

- Детектор сцинтилляционный NaI(Tl) и/или полупроводниковый Ge (рекомендуется HPGe)
- Анализатор (рекомендуется прямое подключение к компьютеру для оценки данных)
- Свинцовый домик
- Сосуды для проб, оптимизированные для различных видов проб и геометрии измерений
- Сертифицированные референсные точечные источники

Измерение

Действие 1

Проверить с помощью руководства спектрометра правильность его установки. Для предотвращения загрязнения защитить внутреннюю поверхность свинцового домика и, особенно, детектор пластиковой или алюминиевой фольгой.

Действие 2

Включить детектор. Проверить базовые параметры, используя Инструкцию Г3.

Действие 3

Проверить калибровку энергии с помощью выбранных точечных источников. Если положения пиков не находятся в пределах 2 кэВ от характеристических энергий, провести повторную калибровку энергетической шкалы спектрометра, используя Инструкцию Г2а.

Действие 4

Установить предполагаемое время для измерения пробы (в аварийной ситуации обычно 100 – 1000 сек) и начать измерение фона при отсутствии пробы в домике (или с холостой пробой, если имеется в наличии). Для дальнейшей оценки и коррекции результатов измерений пробы сохранить фоновый спектр под идентификационным кодом. Сделать соответствующие записи в журнале спектрометра.

Действие 5

В журнале спектрометра зарегистрировать хотя бы следующие данные:

- i. Вид и идентификационный код пробы
- ii. Геометрия пробы и измерения
- iii. Вес и матрица пробы
- iv. Дата и время измерения
- v. Идентификационный код фонового спектра

Действие 6

Поместить сосуд с подготовленной пробой в требуемое положение, установить время измерения и начать съем данных. Проверить при необходимости мертвое время и, если мертвое время > 10%, поместить сосуд с пробой в другое предопределенное положение (выше).

ПРИМЕЧАНИЕ

Время измерения зависит от количества проб, которые необходимо измерить, эффективности детектора, предполагаемой активности и т.д.

Действие 7

Сохранить измеренный спектр под идентификационным кодом. Зарегистрировать реальное время измерения в журнале спектрометра и Карте Г2. Сделать пометки, если спектр и/или форма линии показались вам сомнительными.

Действие 8

Повторить Действия 5 – 7 для всех подготовленных для измерения проб.

Анализ

ПРИМЕЧАНИЕ

Большинство существующих в настоящее время систем спектрометрии имеют возможность анализировать сохраненные спектры одновременно с проведением измерений остальных проб.

Большинство спектрометров или компьютерных программ оценки промышленного производства имеют встроенные функции выполнения нижеследующих действий.

Действие 9

Оценить спектры, определить чистые пики для найденных линий и скорректировать их с учетом интенсивности фоновых линий, используя Действие 10 Инструкции Г1.

Действие 10

Идентифицировать радионуклиды, основываясь на энергии спектров. Такие данные для радионуклидов, как период полураспада, интенсивности гамма-излучения, энергия, можно взять из электронных или твердых копий достоверных и референсных библиотек радионуклидов. Распечатать энергии, зоны пиков, статистические ошибки счета.

Действие 11

Рассчитать концентрацию радионуклида в пробе, используя следующую формулу:

$$C = \frac{(N - N_b)}{t \cdot p_\gamma \cdot \varepsilon \cdot Q} \cdot e^{\frac{0.693 \cdot \Delta t}{T_{1/2}}}$$

Где:

- C = концентрация радионуклида [Бк/кг] или [Бк/м³]
- N = импульсы в пике с энергией E
- N_b = фоновые импульсы в пике с энергией E
- t = время измерения [сек]
- ε = эффективность фотопика детектора для данной энергии E и данной геометрии
- p_γ = излучающая способность нуклида при энергии E
- Q = количество пробы [кг] или [м³]
- Δt = период времени между отбором пробы и измерением [ч]
- T_{1/2} = период полураспада радионуклида [ч]

Использовать:

- N из Действия 9
- t из данных спектрометра
- ε из Инструкции Г2б
- Q и Δt из данных о пробе (журнал)
- p_γ и T_{1/2} из соответствующего справочника или Приложения IV

Проделать расчеты для всех радионуклидов в пробе. Повторить анализ для всех проб.

Особый случай: анализ угольного фильтра на ¹³¹I

Концентрация ¹³¹I в воздухе может быть рассчитана с помощью следующего приблизительного выражения:

$$C = \frac{1}{\varepsilon \cdot q \cdot p_\gamma} \cdot \frac{N}{t \cdot V} \cdot e^{3.6 \cdot (\Delta t + \frac{t_v}{2})}$$

Где:

- C = концентрация ¹³¹I в воздухе в средней точке времени отбора пробы [Бк/м³]
- t_v = время отбора пробы [ч]
- q = эффективность поглощения ¹³¹I угольным фильтром
- V = объем воздуха, прошедший через угольный фильтр [м³]

Точность определения ±20%.

Действие 12

Зарегистрировать все результаты и соответствующие параметры измерения в Карте Г2.

ПРИМЕЧАНИЕ

Во многих случаях можно определить концентрацию радиоактивности, используя более одной линии для данного радионуклида. Трудно предоставить простой алгоритм проведения лучшей оценки концентрации радионуклида, обычно решение об уменьшении излишней информации оставляют за экспертом (или используемой компьютерной программой). Используемая в большинстве случаев наиболее выступающая линия нуклида может быть абсолютно непригодна в некоторых особых случаях вследствие перекрывания пиков или искажения формы пика. Окончательное значение часто рассчитывают путем усреднения значений отдельных линий, используя обратные значения дисперсий в качестве взвешивающих коэффициентов. Такой путь может быть также проделан и при ручной оценке, несмотря на его длительность и утомительность. В аварийной ситуации для получения приемлемого результата может быть достаточной быстрая оценка с использованием наиболее выступающей линии (или простое арифметическое усреднение значений, базируясь на основных ненарушенных пиках).

| | | |
|----------------------------|---------------------------|------------|
| Выполняется: | ИНСТРУКЦИЯ Г2а | Стр.1 из 2 |
| Группой изотопного анализа | КАЛИБРОВКА ЭНЕРГИИ | |

Цель

Провести или проверить калибровку энергии гамма-спектрометра.

Обсуждение

Ключевые признаки гамма-спектров – это расположение пика и его интенсивность. Данные о расположении пика используются для идентификации энергии гамма-излучения. Это может быть сделано, если известно соотношение канал-энергия, то есть, если система откалибрована энергетически.

Соотношение канал-энергия достаточно стабильно и может быть легко определено с помощью калибровочных измерений. Данная зависимость близка к линейной в интересующем диапазоне энергий проведения гамма-спектрометрии (50 - 2000 кэВ). Большинство современных спектроскопических систем имеют функции автоматического проведения калибровки (коррекцию отклонения от линейности часто проводят подгонкой данных калибровочных измерений с помощью полиномов высшей степени). Несмотря на широкое разнообразие возможностей осуществления калибровки, все методы основаны на одной и той же простой процедуре, которая может быть выполнена любым пользователем при отсутствии сложных приборов и компьютерных программ.

Предостережения / Ограничения

Важно, чтобы все установки и настройки системы были сделаны до проведения калибровки энергии и поддерживались до новой калибровки. Небольшие изменения в установках компонентов системы могут оказать непосредственное влияние на энергетическую шкалу.

Приборы / Ресурсы

- Спектрометр
- Сертифицированные гамма-излучающие точечные источники

Действие 1

Выбрать источники с известным содержанием радионуклидов с энергией гамма-излучения в интересующем диапазоне (50 - 2000 кэВ) таким образом, чтобы, по крайней мере, две значительно отличающиеся энергии можно было хорошо измерить.

ПРИМЕЧАНИЕ

В каждодневной практике для указанных целей часто используются калибровочные источники энергий ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{152}Eu и ^{133}Ba .

Действие 2

Поместить источники в положение, в котором предполагаемая скорость счета будет достаточно высока для получения хорошо определяемого пика (хотя бы 1000 импульсов) в течение приемлемого времени (100 – 1000 сек) для каждой из линий, используемых для калибровки энергии.

Действие 3

Начать съем данных в течение времени, необходимого для регистрации достаточного количества импульсов (хотя бы 1000) в интересующем пике.

Действие 4

Определить вручную или с помощью функции спектрометрической системы положение пика с точностью до десятой канала.

Метод определения вручную

Определить границы интересующей области вокруг пика. Пусть a и b обозначают нижний и верхний граничные каналы соответственно. Пусть N_i обозначает количество импульсов в канале i . Определить положение пика p с помощью следующей формулы:

$$p = \frac{\sum_{i=a}^b i \cdot N_i}{\sum_{i=a}^b N_i}$$

Действие 5

Нанести на линейную диаграмму точки соответствующих положений пика против значений энергии, взятых из справочника. Соединить точки прямой линией.

ПРИМЕЧАНИЕ

Встроенные функции спектрометра могут использовать для большей точности полиномы высшей степени.

Считается, что калибровка будет стабильной, пока остаются неизменными электронные установки системы (высоковольтный блок, усилитель и т.д.). Такие параметры окружающей среды, как AMBIENTная температура, могут влиять на стабильность (особенно, при использовании NaI(Tl) детектора); данный эффект оценивается для внесения окончательной коррекции.

Действие 6

Зарегистрировать данные и калибровочную кривую в журнал спектрометра.

| | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ Г26 | <i>Стр.1 из 5</i> |
| <i>Группой изотопного анализа</i> | КАЛИБРОВКА ЭФФЕКТИВНОСТИ | |

Цель

Провести калибровку эффективности гамма-спектрометра.

Обсуждение

Основные вопросы, которые следует учесть при определении эффективности счета: (а) конфигурация счета пробы (геометрия), (б) метод калибровки, (в) калибровочные источники, (г) выражения аналитической эффективности [16].

Конфигурация счета пробы (геометрия)

Для рутинных воспроизводимых анализов следует выбирать контейнеры для измерения проб, принимая во внимание количество пробы и чувствительность геометрии пробы в контейнере. На практике рекомендуется выбрать несколько контейнеров с удобной геометрией в соответствии с матрицей измеряемых проб. Некоторыми примерами контейнеров для проб являются герметичные пластиковые пакеты для фильтров, сосуды Маринелли для жидких и твердых проб, цилиндрические пластиковые контейнеры с завинчивающимися крышками (бутыли и банки), чашки Петри и алюминиевые сосуды различного размера для небольших объемов почвы и сожженных материалов, и т.д. Вообще, размеры сосуда/контейнера должны хорошо соответствовать размерам детектора и домика, то есть контейнер не должен быть слишком высоким или слишком узким.

Метод калибровки

В настоящее время используются несколько теоретических методов калибровки эффективности. Однако рекомендуется экспериментальное определение калибровки эффективности для измерений окружающей среды, несмотря на то, что это потребует больше усилий и времени. Для каждой конфигурации счета должны быть подготовлены практичные калибровочные стандарты из соответствующих сертифицированных калибровочных стандартных источников или стандартных смешанных растворов от государственных стандартов. Состав указанных лабораторных стандартов должен соответствовать как можно ближе составу реальной измеряемой пробы в отношении плотности и значения коэффициента ослабления. Объем и/или вес стандартов и проб в рамках одной конфигурации должен быть одинаковым.

Калибровочные источники

В качестве стандартов при калибровке эффективности должны быть выбраны соответствующие радионуклиды. Несколько авторитетных поставщиков имеют в наличии растворы сертифицированных смешанных радионуклидов с приемлемо длительными периодами полураспада. К стандартам должны прилагаться сертификаты с указанием точной абсолютной скорости гамма излучения. Кроме того, в сертификате должны быть указаны следующие характеристики стандарта:

- i. Связанная с активностью неопределенность
- ii. справочные данные
- iii. чистота
- iv. масса или объем
- v. химический состав
- vi. значения периода полураспада
- vii. излучающая способность для всех путей распада

Если для калибровки эффективности используются такие радионуклиды как ^{60}Co , ^{88}Y , ^{133}Ba , ^{152}Eu , распад которых происходит с каскадом переходов и производит многопиковые спектры, следует быть очень осторожным и скорректировать потери счета вследствие эффектов суммации совпадений.

В Таблице Г1 представлен список радионуклидов, которые часто используются для калибровки эффективности. Для соответствующего выбора и комбинации указанных радионуклидов можно определить кривую эффективности в интересующем энергетическом диапазоне (обычно 50 – 2000 кэВ). Калибровочные точки должны адекватно покрывать энергетический диапазон таким образом, чтобы интерполяция между точками была точной. Следует осторожно проводить экстраполяцию в область энергий, меньших, чем нижняя граница, поскольку для низких энергий эффективность быстро изменяется (См. Рисунок Г4). Для измерений радионуклидов с энергией, меньшей, чем диапазон, для которого проведена калибровка, рекомендуется проведение специальной калибровки с использованием этих радионуклидов.

ТАБЛИЦА Г1 СПИСОК РАДИОНУКЛИДОВ, ЧАСТО ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ КАЛИБРОВКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ [16]

| Радионуклид | Период полураспада | Е [кэВ] | Излучающая способность P_γ |
|-------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------------|
| ^{22}Na | 950.4 д | 511.00 1274.54 | 1.807 0.9994 |
| ^{46}Sc | 83.80 д | 889.28 1120.55 | 0.99984 0.99987 |
| ^{51}Cr | 27.71 д | 320.08 | 0.0985 |
| ^{54}Mn | 312.5 д | 834.84 | 0.99975 |
| ^{57}Co | 271.84 д | 122.06 136.47 | 0.8559 0.1058 |
| ^{60}Co | 1925.5 д | 1173.24 1332.50 | 0.9990 0.999824 |
| ^{109}Cd | 436 д | 88.03 | 0.0368 |
| ^{137}Cs | 30.0 г | 661.66 | 0.850 |
| ^{139}Ce | 137.65 д | 165.853 | 0.800 |
| ^{141}Ce | 32.50 д | 145.44 | 0.489 |
| ^{203}Hg | 46.612 д | 279.20 | 0.813 |
| ^{241}Am | 420.0 г | 59.54 | 0.360 |

Примечание: Период полураспада представлен в днях (д) и годах (г); один год = 365.25 дней

Выражения аналитической эффективности

После того, как будет получено достаточное количество экспериментальных данных в интересующем энергетическом диапазоне, следует выбрать средства представления эффективности как функции энергии. Может быть использовано графическое представление на логарифмической шкале с нанесением значений энергии на оси X и значений эффективности на оси Y, хотя чаще более полезно и желательно выразить эффективность как функцию гамма-энергии в какой-нибудь аналитической

математической форме. Выражение такого вида может быть запрограммировано и адаптировано для автоматического анализа данных.

Для описания данных эффективности аналитическим выражением используется выравнивание методом наименьших квадратов. При выборе аналитического выражения следует быть осторожным, чтобы не выбрать выражение, которое может привести систематическое отклонение от наблюдаемых данных. Общепринятым и простым выражением для определения эффективности является следующее:

$$\ln \epsilon = a_1 + a_2 \ln E$$

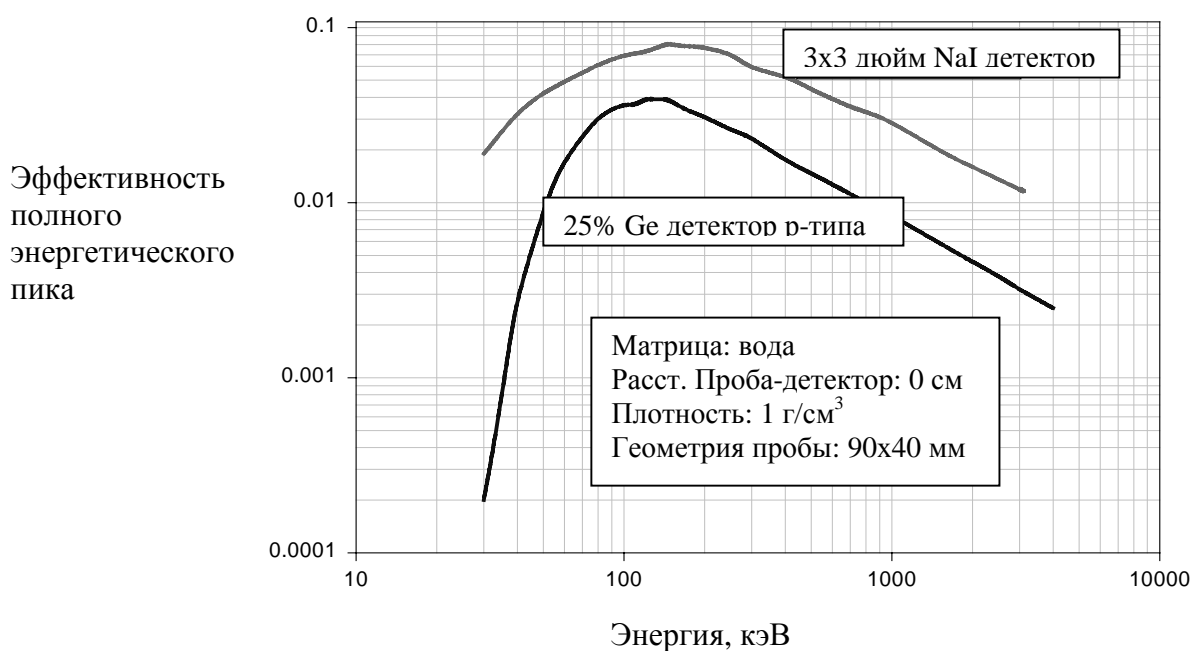
Где:

- \ln = натуральный логарифм
- ϵ = абсолютная эффективность полного энергетического пика
- a_1, a_2 = поправочные коэффициенты
- E = энергия (кэВ) соответствующей линии гамма-излучения.

Данное выражение подходит для определения эффективности гамма энергии в диапазоне от 200 кэВ до 3000 кэВ. Для более низких энергий следует найти другое выражение, либо можно выделить требуемые значения из графического представления эффективности в зависимости от энергии. На Рисунке Г5 представлены типичные кривые эффективности для Ge и NaI(Tl) детекторов.

РИСУНОК Г5

ТИПИЧНЫЕ КРИВЫЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛЯ ГАММА СПЕКТРОМЕТРА С
Ge ДЕТЕКТОРОМ И NaI(Tl) ДЕТЕКТОРОМ



Предостережения / Ограничения

Для количественного определения радионуклидов в пробе необходима точная калибровка эффективности системы. Важно, чтобы эта калибровка осуществлялась с большой осторожностью, поскольку от нее будет зависеть точность всех количественных результатов. Важно, чтобы все установки и настройки системы были сделаны до проведения калибровки энергии и поддерживались до новой калибровки. Небольшие изменения в установках компонентов системы могут оказать незначительное, однако, непосредственное влияние на эффективность счета.

Приборы / Ресурсы

- Спектрометр
- Сертифицированные референсные источники гамма-излучения - стандарты

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Спектрометр должен быть откалиброван энергетически (Инструкция Г2а).

Действие 1

Установить геометрии измерений, которые вы хотите использовать для рутинных анализов. Выбрать контейнеры для объемных проб и определить воспроизводимые положения относительно детектора.

ПРИМЕЧАНИЕ

Рекомендуется установить, по крайней мере, два фиксированных положения (одно на близком расстоянии и другое – на более отдаленном для проб с более высокой активностью). Попытайтесь уменьшить количество геометрий для уменьшения необходимости производства различных лабораторных стандартов. Методы подготовки проб должны быть спланированы таким образом, чтобы пробы подошли к одной из установленных геометрий.

Действие 2

Подготовить лабораторные стандарты для установленных геометрий, используя сертифицированные референсные источники или сертифицированные растворы смешанных стандартов радионуклидов.

ПРИМЕЧАНИЕ

Следует использовать матрицы с составом и плотностью материала, сходными, насколько возможно, с таковыми в предполагаемой пробе.

Действие 3

Поместить подготовленные лабораторные стандарты в предопределенное положение и начать получение данных в течение времени, необходимого для регистрации счета чистого пика с хорошей статистикой (хотя бы 1000 импульсов) для каждой линии, используемой для калибровки эффективности.

Действие 4

Сохранить спектр под идентификационным кодом и зарегистрировать все параметры измерения в журнале спектрометра.

Действие 5

Повторить Действия 3 и 4 для других выбранных положений пробы.

Действие 6

Повторить Действия 3 – 5 для всех подготовленных для калибровки лабораторных стандартов.

Действие 7

Оценить спектры, определить чистые пики выбранных для калибровки линий.

Действие 8

Рассчитать эффективность спектрометра, используя следующее выражение:

$$\varepsilon = \frac{(N - N_b)}{t \cdot A \cdot p_\gamma} e^{\frac{0.693 \cdot \Delta t}{T_{1/2}}}$$

Где:

N = импульсы в пике с энергией E

N_b = фоновые импульсы в пике с энергией E

t = время измерения [сек]

A = активность подготовленного лабораторного стандарта в референсное время, указанное в сертификате [Бк]

p_γ = излучающая способность нуклида при энергии E

Δt = время, прошедшее после указанного в сертификате референсного времени [дни]

T_{1/2} = период полураспада радионуклида [дни]

Действие 9

Нанести на логарифмическую диаграмму точки эффективности против значений энергии и/или ввести эти данные в компьютерную программу, предоставленную для проведения калибровки эффективности (если имеется в наличии). Соединить точки плавной кривой.

Действие 10

Зарегистрировать все данные и сохранить диаграммы в журнале спектрометра.

| | | |
|--|---|-------------------|
| <i>Выполняется:</i> <i>Группой изотопного анализа</i> | ИНСТРУКЦИЯ Г2в | <i>Стр.1 из 1</i> |
| | БЫСТРАЯ КАЛИБРОВКА В СЛУЧАЕ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ | |

Цель

Осуществить быструю калибровку ранее неоткалиброванного спектрометра, который будет использоваться для проведения измерений проб в случае аварийной ситуации.

Обсуждение

Желательно проводить детальную калибровку спектрометра (Инструкция Г1б) до его использования в аварийной радиационной ситуации. Однако может оказаться необходимым использовать систему, неоткалиброванную для анализа проб (портативные гамма-спектрометры, гамма-спектрометры в исследовательских институтах и университетах, и т.д., которые используются иным образом в других целях). Проведение быстрой калибровки до или даже после измерения может помочь в оценке концентрации радионуклида в пробе.

Приборы / Ресурсы

- Спектрометр
- Референсная проба с известной активностью

Действие 1

Подготовить пробу, в которой имеется хотя бы один компонент с известной радиоактивностью (концентрацией).

ПРИМЕЧАНИЕ

КС1 является потенциально хорошим материалом для объемных проб, так как содержит калий, и активность ^{40}K может быть легко рассчитана.

Действие 2

Определить эффективность спектрометра для характеристической энергии нуклида известной активности, следуя Инструкции Г2б (например, 1460 кэВ при использовании ^{40}K).

Действие 3

Сделать копию Рисунка Г4 и нанести значение эффективности. Провести кривую параллельно соответствующей кривой эффективности таким образом, чтобы новая кривая проходила через нанесенную новую точку.

ПРИМЕЧАНИЕ

Простое аналитическое выражение, которое обсуждалось в Инструкции Г2б, может подойти к измеренным точкам для получения параметров калибровки.

Действие 4

Определить эффективность интересующей энергии путем интерполяции или экстраполяции новой кривой эффективности.

| | | |
|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ ГЗ | <i>Стр.1 из 2</i> |
| <i>Группой изотопного анализа</i> | КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СПЕКТРОМЕТРА | |

Цель

Регулярно и перед компанией по проведению измерений осуществлять контроль качества системы спектрометрии.

Обсуждение

Во время аварийной радиационной ситуации может оказаться важным соответствующее функционирование системы спектрометрии. Поэтому следует регулярно проводить проверку спектрометра. Учитывая комплексность проблемы, не всегда возможно провести полную оценку точности метода. В связи с этим, простые проверки качества должны осуществляться как интегральная часть программы аварийной готовности. Ниже следует процедура проведения быстрого контроля качества спектрометра.

Если на государственном или межгосударственном уровне организуются интерсличения результатов измерений, в их рамках следует проводить проверки точности и достоверности измерений in-situ и измерений проб системами спектрометрии.

Предостережения / Ограничения

НЕ изменять установки или настройки системы после проведения калибровки спектрометра.

Приборы / Ресурсы

- Спектрометр
- Референсный точечный источник гамма-излучения

После калибровки спектрометра

Действие 1

Выбрать точечный источник гамма-излучателя с приемлемо длительным периодом полураспада, имеющим гамма-линию(и) в среднем энергетическом диапазоне (хорошим выбором является ¹³⁷Cs с линией 662 кэВ).

Действие 2

Установить точную и воспроизводимую геометрию для спектрометрического измерения, т.е. расположить источник по оси детектора на фиксированном расстоянии от передней поверхности детектора.

Действие 3

Провести спектрометрическое измерение в течение времени, необходимого для регистрации более 10000 импульсов в интересующем пике. Обратит внимание на формы спектра и линий. Зарегистрировать условия измерений и чистый пик в журнале спектрометра.

Регулярно**Действие 4**

Повторить измерение на регулярной основе (каждый месяц) и в особых случаях (перед компанией по проведению измерений) и зарегистрировать полученные данные в журнале спектрометра.

Действие 5

Сопоставить полученные результаты с результатами предыдущих проверок. Если результат находится в пределах 10%, наиболее вероятно, что спектрометр функционирует соответствующим образом. Если результат выходит за указанные пределы – проверить установки и настройки системы. Если все выглядит нормально, возможно необходимо повторить калибровку эффективности.

ПРИМЕЧАНИЕ

Достоверное ожидаемое значение получают путем расчета из экспоненциальной функции, полученной на основании значений предыдущих измерений по контролю качества.

| | | |
|-----------------------------------|-------------------------|-------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ Г4 | <i>Стр.1 из 3</i> |
| <i>Группой изотопного анализа</i> | ПОДГОТОВКА ПРОБЫ | |

Цель

Преобразовать пробу, отобранную в полевых условиях, в лабораторную пробу (подходящую для количественного анализа).

Обсуждение

Отобранные во время полевых работ пробы могут находиться в форме, которая не позволит измерить их непосредственно. Поэтому пробы должны быть приведены к форме, подходящей для лабораторных измерений. В аварийной ситуации предпочтение отдается простым прямым физическим методам, – даже если это стоит точности – для содействия быстрой оценке опасности и принятию решений о вмешательстве.

Подготовка проб может быть проведена следующим путем:

- i. разделение различных частей (например, почва, камни, корни, трава, и т.д.)
- ii. уменьшение размера частиц твердых материалов
- iii. уменьшение концентрации проведением высушивания, сжигания и т.д.
- iv. гомогенизация пробы
- v. отделение репрезентативного количества первоначальной пробы (аликвотная проба) и помещение ее в контейнер/штатив (геометрия), для которого имеются в наличии данные калибровки эффективности

Следует внимательно проследить и зарегистрировать изменения количества пробы во время ее подготовки для того, чтобы иметь возможность перейти от измеренной активности лабораторной пробы к первоначальной концентрации радионуклидов в окружающей среде.

Предостережения / Ограничения

Основными вопросами при подготовке пробы являются аналитическое качество и загрязнение лабораторного/измерительного оборудования. Содержите пробы отделенными друг от друга для избежания перекрестного загрязнения. При возможности начните подготовку с проб низкой активности и продолжайте подготовку проб с активностью по нарастающей. Старайтесь использовать на рабочих поверхностях сменяемые покрытия (бумага или полиэтилен). Дезактивировать рабочее место после каждого действия, которое может привести к загрязнению. Отделить участок подготовки проб от участка проведения измерений.

Несмотря на то, что радиационная опасность принимается во внимание в незначительной степени, обращение с пробами окружающей среды после крупного загрязнения требует предосторожности и строгого соблюдения правил радиационной защиты на рабочих местах. При обращении с пробами высокой активности используйте перчатки, защитную одежду для уменьшения риска индивидуального загрязнения.

Приборы / Ресурсы

- Держатели для проб
- Подносы для предотвращения разливания
- Весы
- Стандартные лабораторные инструменты (ножницы, ложки, ножи, пластиковые пакеты и т.д.)

- Пипетки для жидких проб
- Этикетки, карандаши-маркеры, алюминиевая и полиэтиленовая фольга
- Набор для дезактивации (детергенты, тряпки, бумажные салфетки и т.д.)
- Тарелки, лотки и емкости для перемешивания проб

ПРИМЕЧАНИЕ

Различные виды проб требуют использования неодинаковых методов подготовки. Нижеследующая последовательность действий представляет собой общее руководство для преобразования пробы, отобранной в полевых условиях, в лабораторную пробу, готовую для проведения измерения. Адаптируйте процедуру к виду фактической пробы, которую вы собираетесь анализировать. На раннем этапе аварии обычно не нужна тщательная подготовка почвы.

Действие 1

Провести скрининг полевых проб с помощью дозиметра мощности дозы для выявления проб с высшей активностью. Проводить их подготовку отдельно. Избегать перекрестного загрязнения.

Действие 2

Взвесить полевую пробу. Отделить основные компоненты и взвесить каждый из них.

ПРИМЕЧАНИЕ

Пробы твердых сред окружающей среды (почва, отложения, растения, пищевые продукты) должны быть, прежде всего, отделены от основных компонентов:

- i. следует удалить из почвы корни и большие камни
- ii. разделить основные компоненты собранных растений (корень, стебель, листья, цветок, плод)
- iii. взять съедобные части проб отобранных пищевых продуктов

Действие 3

Для того чтобы подготовить лабораторные пробы, соответствующие предопределенной геометрии (контейнеру в котором измеряется проба), следует измельчать компоненты пробы, отделенные в Действии 1 до тех пор, пока размер их частиц не будет достаточно малым по сравнению с размером контейнера, содержащего пробу. Для этого можно толочь пробу пестиком в ступке, резать ножом или ножницами, использовать блендер и т.д.

ПРИМЕЧАНИЕ

В обычной лабораторной практике твердые пробы высушивают для получения концентрации в Бк на единицу сухого веса. Однако в аварийной ситуации часто не хватает времени на длительные процедуры высушивания. В этом случае этап сушки пропускается, и концентрацию определяют в Бк на единицу свежего (мокрого) веса, что может быть более подходящим при сравнении полученного значения со значениями ДУВ.

Действие 4

Перемешать отделенные в Действии 2 компоненты до гомогенной массы. Для этого можно размешивать материал ложкой, взбалтывать его в закрытой емкости или использовать миксер/блендер, и т.д.

ПРИМЕЧАНИЕ

Действия 2-4 не применимы для жидких проб, поскольку они рассматриваются как гомогенные. Однако нижеследующие действия применяются в отношении всех видов проб.

Действие 5

Взять репрезентативное количество первоначальной пробы (аликвотной пробы), соответствующей предопределенной геометрии (контейнеру для пробы), для которой имеются в наличии данные калибровки. Данная производная проба называется лабораторной пробой. Измерить размер (массу или объем) лабораторной пробы и зарегистрировать данные в Карте Г2.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Обратить внимание на вес контейнера для пробы. В Карте Г2 должен быть зарегистрирован чистый вес лабораторной пробы.

Действие 6

Закрыть контейнер для пробы соответствующей крышкой. Для предотвращения разлива пробы и/или загрязнения счетчика можно рекомендовать использование дополнительного покрытия полиэтиленовой или алюминиевой фольгой. Наклеить этикетку на пробу и написать на ней маркером следующие данные:

- i. код пробы
- ii. размер пробы
- iii. дата подготовки

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Для уменьшения риска последующего загрязнения следует содержать подготовленные для измерения лабораторные пробы вдали от рабочей зоны, где проходит подготовка.

РАЗДЕЛ Д
РАДИОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Предупреждение: инструкции в этом разделе должны быть пересмотрены в соответствии с условиями и возможностями применения

| | | |
|-----------------------------------|--|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ Д1 | <i>Стр. 1 из 5</i> |
| <i>Группой изотопного анализа</i> | АНАЛИЗ ТРИТИЯ С ПОМОЩЬЮ ПРОСТОЙ ДИСТИЛЛЯЦИИ | |

Цель

Определить концентрацию трития (^3H) в пробах воды.

Обсуждение

Отобранные пробы подготавливаются для анализа на жидкостном сцинтилляционном счетчике. Небольшое количество пробы дистиллируется на простом аппарате и затем добавляется во флакон с жидким сцинтиллятором. К пробе добавляют коктейль, дают стабилизироваться и производят счет вместе с фоновой пробой и приготовленным стандартом. Жидкостной сцинтилляционный счетчик позволяет определить низкоэнергетические бета-излучения трития ($\beta_{\text{max}} = 18.6$ кэВ). Для определения объемной активности проводят простые расчеты.

В пробе воды присутствие трития наиболее вероятно в форме T_2O или НТО. Используемая для счета фона вода (так называемая, “нулевая” вода), должна быть отобрана из очень глубокого колодца, чтобы ее активность была <0.5 Бк/л, или из водопровода. В этом случае МДА будет выше. Калибровочные пробы должны быть подготовлены в таких же счетных флаконах, с таким же коктейлем для сцинтилляции, как и используемые для счета проб. Не рекомендуется использовать калибровочный стандарт без тушителя, которым снабжены многие жидкостные сцинтилляционные счетчики, либо покупать один стандарт специально для этой цели. Полученный коктейль для сцинтилляции не следует разводить пробой сверх установленных производителем пределов. Идеальный коктейль для счета проб окружающей среды может быть разведен до 100% (или смесь коктейля и пробы в соотношении 50:50). Рекомендуются коктейли с биорастворителем.

Резюме

| | |
|-------------------------|--|
| Объект анализа: | Тритий (^3H) – низкоэнергетическое бета-излучение |
| Процедура: | Измерение на жидкостном сцинтилляционном счетчике пробы дистиллированной воды |
| Виды проб: | Вода, сточные воды |
| Матрица: | Растворенная и химически приготовленная проба, помещенная во флакон жидкостного сцинтилляционного счетчика вместе со счетным коктейлем |
| МДА: | 4-10 Бк/л (в зависимости от эффективности детектора, фона, времени измерения) |
| Время измерения: | Менее 100 минут |
| Точность: | Не менее $\pm 10\%$ |

Предостережения / Ограничения

Пробы воды для анализа трития на жидкостном сцинтилляторе должны быть отобраны в стеклянные бутылки. Перед заполнением бутылку следует ополоснуть порцией исследуемой воды. Не следует добавлять в бутылку кислоту или формальдегид. Не рекомендуется отбирать пробы в пластиковые контейнеры.

Чрезвычайно важна чистота стеклянной посуды. Если стеклянная посуда не будет абсолютно чистой, то может произойти перекрестное загрязнение. Мытье посуды осуществляйте в соответствии с обычными лабораторными химическими инструкциями. Для удаления отложений рекомендуется также периодически обрабатывать колбы, в которых проводится кипячение, концентрированной кислотой. Такие колбы имеют ограниченный срок использования, поэтому их необходимо периодически заменять.

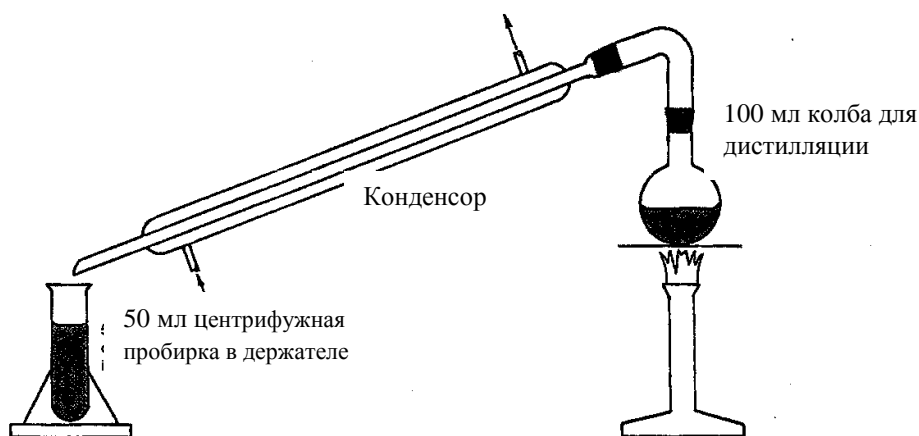
Приборы / Ресурсы

- Жидкостной сцинтилляционный счетчик, использующий систему совпадений, предпочтительно с автоматической сменой пробы
 - Предпочтительны возможности автоматической коррекции гашения и коррекции хемолуминесценции. Также рекомендуется использование счетчика, позволяющего работать с флаконами для счета на 20 мл. Не требуется охлаждающий блок. Желательно наличие компьютерной программы для анализа/просмотра спектров.
- Флаконы для счета на жидкостном сцинтилляционном счетчике, соответствующего счетчику размера, предпочтительно сделанные из стекла с низким содержанием калия
 - Флаконы из полиэтилена могут применяться при использовании коктейля для сцинтилляции с диоксаном. Пластиковые флаконы могут создавать проблемы, связанные со статическим электричеством и давать неустойчивые результаты. Рекомендуется однократное использование флаконов.
- Дистиллятор: круглодонные колбы для кипения на 250 или 100 мл со шлифами, из термостойкого стекла; притертые переходники, конденсор с притертыми соединениями, градуированные цилиндры, центры кипения из мрамора, резиновые шланги, горелка (Рисунок Д1)
- Карта Д1

Реагенты

- Гидроокись натрия в таблетированном виде
- Перманганат калия; твердый
- Калибровочный стандарт ^3H на водной основе, неокисленный, от проверенного поставщика; не рекомендуется сертификация ниже вторичной
- Вода для счета фона, предпочтительно с низкой активностью трития, из глубокого колодца или другого поддающегося проверке источника, или от сертифицированного поставщика. Дистиллировать большой объем этой воды, используя NaOH и KMnO_4 согласно нижеследующей инструкции и сохранить для использования во время анализов
- Коктейль для сцинтилляции, предпочтительно промышленного производства и с биорастворителем, со степенью разведения до 100%
 - Имеются в наличии коктейли с диоксаном или толуолом. Коктейли для сцинтилляции также могут быть приготовлены в соответствии с описанием в литературе, однако обычно они не имеют соответствующего качества и не рекомендуются к использованию.

РИСУНОК Д1
ДИСТИЛЛЯТОР ДЛЯ АНАЛИЗА ТРИТИЯ



Подготовка пробы

Действие 1

Поместить 100 мл пробы в круглодонную колбу для кипячения или дистилляции (или весь имеющийся объем, но не менее 30 мл). Если объем не составляет 100 мл, точно его измерить. Целесообразно провести дистилляцию фоновой пробы с этой партией.

Действие 2

Добавить в колбу 0.5 г гидроксида натрия и 0.1 г перманганата калия (для разрушения любых присутствующих в воде органических компонентов). Добавить центры кипения.

Действие 3

Соединить боковое плечо переходника с колбой и вставить в него небольшой градуированный цилиндр или мензурку для задерживания дистиллята ниже выходного отверстия.

Действие 4

Соединить переходник с конденсором. Соединить конденсор с системой водоснабжения с помощью резиновых шлангов, как показано на Рисунке Д1.

ПРИМЕЧАНИЕ

В некоторых лабораториях на верхнюю часть конденсора помещают ловушку с присоединенной с помощью резинового шланга осушаемой емкостью. Это помогает предотвратить загрязнение лаборатории в случае возникновения аварии в процессе кипячения. Ловушка не должна задерживать движение воздуха. Наличие ловушки необязательно. Однако рекомендуется для безопасности лаборатории.

Действие 5

Включить горелку. Начать кипячение пробы. Рекомендуется, чтобы процесс все время находился в поле зрения техника.

Действие 6

Собрать и отбросить первые 10 мл дистиллята. Собрать следующие 50 мл, либо, в случае использования проб меньших объемов, - 20 мл.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

НЕ допускать выкипания пробы в колбе досуха.

Действие 7

Дать дистилляту остыть и хорошо взболтать для перемешивания.

Действие 8

Прилить пипеткой точное количество пробы во флакон для счета, предпочтительно 10 мл или согласно объему, на который рассчитан коктейль для сцинтилляции.

ПРИМЕЧАНИЕ

Приливаемый объем пробы является важным параметром для проведения измерений окружающей среды, поэтому лучшим способом является определение прилитого количества путем взвешивания флакона с жидкостью и вычитания массы флакона. В аварийных ситуациях, когда подготовку желательно провести как можно быстрее, достаточно точно прилить требуемый объем.

Действие 9

Добавить точное количество коктейля для сцинтилляции, доведя окончательный объем до 20 мл (для флакона на 20 мл).

Действие 10

Закрывать крышкой, промаркировать флакон только на крышке, встряхнуть флакон для перемешивания компонентов. Не оставлять на наружной поверхности флакона пятен или отпечатков пальцев. Держать флакон рекомендуется в перчатках или с помощью салфетки.

Действие 11

Подготовить для партии проб фоновую пробу и калибровочный стандарт.

ПРИМЕЧАНИЕ

В большинстве жидкостных сцинтилляционных счетчиков с автоматическим счетом в кассету может помещаться партия из 10 проб. Если партия для счета состоит из более чем 10 проб, аналитик должен предусмотреть программирование счетчика на повторный обсчет фоновой пробы и стандарта между пробами, помещенными в разные кассеты.

Действие 12

Дать пробам постоять в темноте в течение 1 часа. Для коктейлей некоторых типов это может не требоваться; для получения большей информации о коктейле проконсультируйтесь с производителем.

Счет / Анализ

Действие 13

Провести счет проб в течение времени, требуемого для достижения предела детектирования.

ПРИМЕЧАНИЕ

Использование методов отбраковки проб с низкой скоростью счета или ограничения счета проб с высокой скоростью счета может сохранить дорогое время для анализа. Использование указанных методов приветствуется.

Действие 14

При наличии времени и небольшом количестве проб в партии, провести счет всех проб второй или третий раз и взять среднее значение из полученных для каждой пробы. Это уменьшит статистическую неопределенность.

Действие 15

Определить концентрацию трития в соответствии со следующей формулой:

$$C_{H-3} = \frac{\frac{N}{t} - \frac{N_b}{t_b}}{\epsilon \cdot V}$$

Где

C_{H-3} = концентрация трития [Бк/л]

N = счет от пробы

t = время счета пробы [сек]

N_b = фоновый счет

t_b = время счета фона [сек]

ϵ = эффективность счета (выраженная в десятичной дроби)

V = объем аликвотной пробы [л]

Действие 16

Заполнить Карту Д1.

| | | |
|--|--|------------|
| Выполняется: Группой изотопного анализа | ИНСТРУКЦИЯ Д1а | Стр.1 из 2 |
| | КАЛИБРОВКА ЖИДКОСТНОГО СЦИНТИЛЛЯЦИОННОГО СЧЕТЧИКА | |

Цель

Измерить эффективность счета прибора на энергетическом уровне трития.

Обсуждение

Использовать стандартный раствор с точностью 3% при 95% доверительном интервале.

Приборы / Ресурсы

- Жидкостной сцинтилляционный счетчик
- Карта Д1

Реагенты

- Стандартный раствор трития
- Коктейль для сцинтилляции

Действие 1

Узнать размеры флакона и состав коктейля для сцинтилляции, которые будут использоваться для анализа пробы.

Действие 2

Приготовить стандарт для измерения при проведении счета данной партии проб. Использовать имеющийся в продаже источник трития, разведенный дистиллированной водой с низким фоновым уровнем таким образом, чтобы в течение около 100 минут регистрировалось примерно 10,000 импульсов.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если будет проводиться счет большого количества проб, может оказаться полезным приготовить больший объем стандартного раствора (>1000 мл).

Действие 3

Добавить пипеткой во флакон точное количество стандартного раствора согласно объему, на который рассчитан коктейль для сцинтилляции. Лучше всего это делается с помощью взвешивания. Точно определить активность.

Действие 4

Добавить точное количество коктейля для сцинтилляции, доведя общий объем до 20 мл во флаконе на 20 мл.

Действие 5

Закрыть флакон крышкой, сделать пометку только на крышке флакона. Встряхнуть флакон для перемешивания содержимого. Не пачкать наружную поверхность флакона и не оставлять на ней отпечатков пальцев. Отставить флакон в сторону и дать ему постоять до проведения измерения, по крайней мере, 1 час. Брать флакон в руки рекомендуется в перчатках или с помощью бумажной салфетки.

Действие 6

После того, как партия проб для проведения измерений подготовлена, добавить в партию стандарт. Начать счет и продолжать его до получения хорошей статистики (лучше, чем 5%).

ПРИМЕЧАНИЕ

При достижении хорошей статистики может оказаться желательным проведение счета стандарта в течение меньшего времени, чем счета проб. Опыт работы со счетчиком подскажет вам необходимое для счета время.

Действие 7

Рассчитать эффективность счета, используя следующую формулу:

$$\varepsilon = \frac{\frac{N_s}{t_s} - \frac{N_b}{t_b}}{A}$$

Где

ε = эффективность счета жидкостного сцинтилляционного счетчика для трития

N_s = счет от стандартной аликвотной пробы

t_s = время счета стандартной аликвотной пробы [сек]

N_b = фоновый счет

t_b = время счета фона [сек]

A = активность стандартной аликвотной пробы [Бк]

Действие 8

Зарегистрировать эффективность счета в Карте Д1. Сохранять записи всех относящихся к делу данных в журнале жидкостного сцинтилляционного счетчика.

| | | |
|--|--|-------------|
| Выполняется: Группой изотопного анализа | ИНСТРУКЦИЯ Д16 | Стр. 1 из 2 |
| | КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РАБОТЫ ЖИДКОСТНОГО СЦИНТИЛЛЯЦИОННОГО СЧЕТЧИКА | |

Цель

Проверять правильность функционирования прибора и контролировать оптимальные условия счета.

Обсуждение

В соответствии с инструкциями производителя должна быть получена кривая коррекции гашения, которую следует периодически обновлять. Желательно иметь в наличии компьютерную программу для определения хемолуминисценции.

Для достижения лучших результатов измерения следует получить от производителя стандарт ^3H и фоновую пробу.

Приборы / Ресурсы

- Жидкостной сцинтилляционный счетчик
- Стандартный раствор трития
- Коктейль для сцинтилляции

Действие 1

Определить ширину счетного окна или количество каналов для пика трития. Выбрать эти каналы вручную либо с помощью компьютерной программы.

ПРИМЕЧАНИЕ

Установить в жидкостной сцинтилляционный счетчик 2 стандарта (фоновый и тритиевый), считать их в тритиевом окне и определить эффективность счета (Инструкция Д1а). Затем рассчитать значение качества с помощью формулы:

$$\text{FOM} = \frac{\varepsilon^2 \cdot t_b}{N_b}$$

Где

FOM = значение качества

ε = эффективность счета

N_b = фоновый счет

t_b = время счета фона [сек]

Повторить измерения, перемещая окно в область более низких или высоких энергий (каналов). Окно выбирают в соответствии с максимальной величиной значения качества.

Реальный стандарт для счета, которые подготовлен для обсчета проб, может дать несколько другое значение качества, и, поэтому, несколько другое окно; действительно ли это так, - покажет опыт.

Действие 2

Для контроля: установить в жидкостной сцинтилляционный счетчик 2 стандарта (фоновый без тушителя и тритиевый) и провести их измерение с открытым окном.

Повторить измерение стандартов, по крайней мере, 10 раз с предварительно заданным временем 1-2 минуты. Рассчитать эффективность счета (должна быть более 60%) и оценить ее по критерию хи-квадрат.

Действие 3

Ежедневно проводить измерение стандарта, полученного от изготовителя, а также фоновых проб, и наносить результаты на график. Если результаты измерения стандарта и фоновых проб превышают 1 стандартное отклонение, рассчитанное с помощью простой статистики, - это может свидетельствовать о проблеме в детекторе.

Действие 4

Каждую неделю строить и обновлять кривую гашения, сохраняемую в программе счетчика.

Действие 5

Периодически проводить проверку программы антисовпадений для проверки балансировки фотоумножителей. Если проверка выявила недостатки, - обратитесь за помощью к производителю.

Действие 6

Периодически проводить измерение фоновой пробы по всем выбранным каналам. Нанести результаты на график. Если результаты измерения стандарта и фоновых проб превышают 1 стандартное отклонение, рассчитанное с помощью простой статистики, - это может свидетельствовать о проблеме в детекторах.

Действие 7

При проведении измерения проб выбрать наугад одну пробу из 10 и измерить ее повторно.

ПРИМЕЧАНИЕ

В некоторых лабораториях также проводят повторный анализ пробы дистиллята, собранного в процессе подготовки пробы. Оба вышеуказанных подхода обеспечивают хорошие результаты.

При проведении каждой новой кампании по измерениям следует измерять соответствующий стандарт и фоновую слепую пробу (свежеприготовленную).

Действие 8

Сохранять записи (результаты) всех относящихся к делу данных в журнале жидкостного сцинтилляционного счетчика.

| | | |
|--|------------------------|------------|
| Выполняется: Группой изотопного анализа | ИНСТРУКЦИЯ Д2 | Стр.1 из 3 |
| | АНАЛИЗ СТРОНЦИЯ | |

Цель

Определить концентрацию активности ^{90}Sr и ^{89}Sr в пробах.

Обсуждение

Измерение ^{89}Sr осуществляют по излучению Черенкова; ^{90}Sr и ^{89}Sr – в сочетании с использованием жидкостного сцинтилляционного счетчика.

В Таблице Д1 даны значения размера проб, типичной минимальной детектируемой активности (МДА) на основании 95% доверительного интервала и приблизительная длительность времени проведения анализа [17, 18].

ТАБЛИЦА Д1: ТИПИЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ АНАЛИЗОВ СТРОНЦИЯ.

| Вид пробы | Размер пробы | Типичная МДА | | Единицы | Время анализа [ч] |
|-------------------|------------------|--------------|-------|-------------------|-------------------|
| | | Sr-89 | Sr-90 | | |
| Частицы в воздухе | 1 м ³ | 0.3 | 0.5 | Бк/м ³ | 32 |
| Вода | 1 л | 5 | 10 | Бк/л | 8 |
| Почва | 5 г | 350 | 600 | Бк/кг | 10 |
| Трава | 50 г | 5 | 10 | Бк/кг | 13 |
| Молоко | 50 мл | 5 | 10 | Бк/л | 10 |
| Овощи | 50 г | 5 | 10 | Бк/кг | 13 |

Резюме

| | |
|-------------------------|---|
| Объект анализа: | ^{90}Sr и ^{89}Sr |
| Процедура: | радиохимическое выделение и измерение на жидкостном сцинтилляционном счетчике |
| Виды проб: | частицы в воздухе, почва/отложения, вода, молоко, трава, овощи |
| Матрица: | Растворенная и химически подготовленная проба, помещенная вместе с коктейлем для сцинтилляции во флакон для жидкостного сцинтилляционного счета |
| МДА: | См. Таблицу Д1 |
| Время измерения: | См. Таблицу Д1 |
| Точность: | не менее $\pm 15\%$ |

Предостережения / Ограничения

Настоящий метод предназначен для измерения проб малого размера и может не подойти для измерения более крупных проб.

Следует регулярно практиковаться в осуществлении данной инструкции для обеспечения соответствующего опыта у операторов.

Некоторые химические вещества могут оказывать вредное воздействие, если с ними не обращаться правильно. Поэтому, использующие данную инструкцию лица должны быть подготовлены соответствующим образом, а также должны следовать соответствующим правилам своей страны, контролирующим использование химических веществ.

Приборы / Ресурсы

- Жидкостной сцинтилляционный счетчик
- Коктейль для сцинтилляции
- Карта Д2

Действие 1

Используя Инструкцию Д2в, подготовить пробу для выделения.

Действие 2

В зависимости от установленного в лаборатории порядка провести выделение стронция, используя Инструкции Д2г или Д2д.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Жидкостной сцинтилляционный счетчик должен быть откалиброван (Инструкция Д2а) и поверен на регулярной основе (Инструкция Д2б).

Действие 3

Поместить пробу в жидкостной сцинтилляционный счетчик и проводить счет на предварительно определенных каналах Черенкова в течение 20 минут.

Действие 4

Добавить 10 мл сцинтиллянта и провести измерение еще раз на предварительно определенных каналах для $^{90}\text{Sr} / ^{89}\text{Sr}$. Зарегистрировать среднее время счета для расчета распада ^{90}Y . Зарегистрировать среднее время счета для расчета распада ^{90}Y .

Действие 5

Рассчитать концентрации $^{89}\text{Sr} + ^{90}\text{Sr}$, используя следующие формулы:

$$C_{^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}} = \frac{\frac{N}{t} - \frac{N_b}{t_b}}{\epsilon_{\text{Sr}} \cdot \eta \cdot Q}$$

где

$C_{^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}}$ = суммарная концентрация ^{89}Sr и ^{90}Sr [Бк/пробу]

N = счет от пробы

t = время счета пробы [сек]

N_b = фоновый счет

t_b = время счета фона [сек]

ϵ_{Sr} = средняя эффективность счета для ^{89}Sr

η = химический выход радиохимического выделения

Q = количество пробы [кг, л, м³]

Действие 6

Рассчитать концентрацию ^{90}Sr следующим образом:

$$C_{^{90}\text{Sr}} = f_Y \cdot \frac{N - N_b}{\varepsilon_Y \cdot \eta \cdot Q} \cdot f'_Y$$

где

$C_{^{90}\text{Sr}}$ = концентрация ^{90}Sr [Бк/пробу]

N = счет от пробы

t = время счета пробы [сек]

N_b = фоновый счет

t_b = время счета фона [сек]

ε_Y = эффективность счета для ^{90}Y

η = химический выход радиохимического выделения

Q = количество пробы [кг, л, м³]

f_Y = фактор накопления для ^{90}Y

$$f_Y = 1 - e^{-\ln 2 / T_{1/2} \cdot \Delta t}$$

$T_{1/2}$ = период полураспада ^{90}Y

Δt = период времени между выделением ^{90}Y и серединой периода счета [сек]

f'_Y = коэффициент распада для ^{90}Y

$$f'_Y = e^{-\ln 2 / T_{1/2} \cdot \Delta t}$$

Действие 7

Рассчитать концентрацию ^{89}Sr с помощью вычитания:

$$C_{^{89}\text{Sr}} = C_{^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}} - C_{^{90}\text{Sr}}$$

Действие 8

Заполнить Карту Д2.

| | | |
|--|--|------------|
| Выполняется: Группой изотопного анализа | ИНСТРУКЦИЯ Д2а | Стр.1 из 2 |
| | КАЛИБРОВКА ЖИДКОСТНОГО СЦИНТИЛЛЯЦИОННОГО СЧЕТЧИКА | |

Цель

Определить эффективность счета жидкостного сцинтилляционного счетчика на соответствующих энергетических уровнях и определить каналы для счета ^{89}Sr / ^{90}Sr .

Обсуждение

Использовать стандартный раствор с точностью 3% при 95% доверительном интервале.

Приборы / Ресурсы

- Жидкостной сцинтилляционный счетчик
- Стандартный раствор ^{89}Sr
- Стандартный раствор ^{90}Sr
- Коктейль для сцинтилляции
- Карта Д2

Действие 1

Внести пипеткой в счетный флакон определенное количество жидкого стандарта ^{90}Sr (в равновесии с ^{90}Y) и добавить дистиллированной воды до 2 мл.

Действие 2

Поместить флакон в жидкостной сцинтилляционный счетчик и провести измерение с открытым тритиевым окном до получения хорошей статистики (по крайней мере, 3%). Зарегистрировать результаты счета и другие, относящиеся к делу данные в журнале жидкостного сцинтилляционного счетчика.

Действие 3

Внести пипеткой в счетный флакон определенное количество жидкого стандарта ^{90}Sr (свежевыделенный ^{90}Y), добавить дистиллированной воды до 2 мл и смешать с 10 мл коктейля.

Действие 4

Немедленно начать измерение флакона при открытом окне. Не проводить измерение больше 1 часа. Зарегистрировать результаты счета. Данное измерение необходимо для определения эффективности счета для ^{90}Sr .

Действие 5

Снова провести измерение флакона через 5 дней (распад ^{90}Y). Вычесть результаты счета из результата Действия 4. Зарегистрировать результаты счета в журнале жидкостного сцинтилляционного счетчика. Данное измерение необходимо для определения эффективности счета для ^{90}Y .

Действие 6

Независимо от проделанного выше, внести пипеткой определенное количество жидкого стандарта ^{89}Sr в другой счетный флакон, добавить дистиллированной воды до 2 мл.

Действие 7

Провести измерение флакона с открытым окном до получения хорошей статистики (по крайней мере, 3%). Зарегистрировать результаты счета. Данное измерение необходимо для определения эффективности счета для ^{89}Sr по излучению Черенкова.

Действие 8

Добавить 10 мл коктейля для сцинтилляции хорошо перемешать.

Действие 9

Провести измерение флакона с открытым окном до получения хорошей статистики (по крайней мере, 3%). Зарегистрировать результаты счета. Данное измерение необходимо для определения эффективности жидкостного сцинтилляционного счета для ^{89}Sr .

Действие 10

Рассчитать эффективность счета жидкостного сцинтилляционного счетчика для ^{89}Sr , ^{90}Sr и ^{90}Y , используя следующую формулу:

$$\epsilon_x = \frac{\frac{N_x}{t_x} - \frac{N_b}{t_b}}{A_x}$$

где

- ϵ_x = эффективность счета для радионуклида x
- N_x = счет от стандартной аликвотной пробы радионуклида x
- t_x = время счета радионуклида x [сек]
- N_b = фоновый счет
- t_b = время фонового счета [сек]
- A_x = активность радионуклида x [Бк]

Действие 11

Сохранять записи значений эффективности счета в журнале жидкостного сцинтилляционного счетчика.

Действие 12

Заполнить Карту Д2.

| | | |
|--|---|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> <i>Группой изотопного анализа</i> | ИНСТРУКЦИЯ Д26 | <i>Стр. 1 из 1</i> |
| | КАНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РАБОТЫ ЖИДКОСТНОГО СЦИНТИЛЯЦИОННОГО СЧЕТЧИКА | |

Цель

Проверять правильность функционирования прибора и контролировать оптимальные условия счета.

Обсуждение

Контроль качества работы жидкостного сцинтиляционного счетчика осуществляется с использованием стандарта трития без гасителя и фоновых проб, полученных от поставщиков (точность 3% при 95% доверительном интервале). В дополнение к этому, периодически проводятся проверки эффективности счета свежеприготовленных стандартов стронция и иттрия.

Приборы / Ресурсы

- Жидкостной сцинтиляционный счетчик
- Стандарты трития без тушителя и фоновые пробы
- Стандартный раствор ^{89}Sr
- Стандартный раствор ^{90}Sr
- Коктейль для сцинтиляции

Действие 1

Поместить стандарты трития без тушителя и фоновых проб в жидкостной сцинтиляционный счетчик и проводить измерение при открытом окне.

Действие 2

Повторить измерения стандартов от 10 до 100 раз (предварительно заданное время 1-2 мин).

Действие 3

Рассчитать значения эффективности счета (должно быть более 60%) и оценить ее эффективность по критерию хи-квадрат.

Действие 4

Повторять Действия 1 - 3 каждый месяц.

ПРИМЕЧАНИЕ

В составе каждой новой серии измерений следует проводить счет соответствующего стандарта и фоновой слепой пробы (свежеприготовленной).

Действие 5

Периодически проверять калибровку жидкостного сцинтиляционного счетчика, используя Инструкцию Д2а.

Действие 6

Сохранять записи всех относящихся к делу данных в журнале жидкостного сцинтиляционного счетчика.

| | | |
|-----------------------------------|------------------------|-------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ Д2в | <i>Стр.1 из 4</i> |
| <i>Группой изотопного анализа</i> | ПОДГОТОВКА ПРОБ | |

Цель

Перевести пробы различного вида в 8 М раствор азотной кислоты, пригодный для выделения стронция.

Обсуждение

Подготовка различных видов проб приводит к получению единообразной матрицы для последующего анализа.

Приборы / Ресурсы

- Муфельная печь
- Ультразвуковая баня
- Стеклопосуда, стаканы, мерные колбы, стеклянные палочки, стаканы из политетрафлюороэтилена и т.д.
- Фильтровальная бумага; Ватман No. 42, Ватман GF/B (стекловолокно)
- Электрическая плитка
- Резиновый встряхиватель

Реагенты

- Азотная кислота; концентрированная, 8М
- Фтористоводородная кислота; концентрированная (40%)
- Нитрат алюминия; твердый
- Нитрат стронция; твердый
- Носитель стронция; 10 мг Sr⁺⁺ на мл. Растворить 2.24 г нитрата стронция в воде, добавить 1 мл концентрированной азотной кислоты, в мерной колбе довести водой до 100 мл
- Соляная кислота; концентрированная
- Гидроокись натрия; 5% водный раствор
- Карбонат аммония, 5% водный раствор
- Царская водка; 1:4 смесь концентрированной азотной кислоты и концентрированной соляной кислоты; приготовить, сколько требуется – не хранить

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Следует отметить, что только хорошо обученный персонал может осуществлять данные этапы подготовки проб. При обращении с опасными химическими веществами следует проявлять осторожность.

Воздушные фильтры

Действие 1

Медленно озолить при 450^oC для избежания воспламенения и возможной потери материала. Этот этап может занять до 24 часов.

Действие 2

Используя 8 М азотную кислоту, количественно перенести остаток в стакан из политетрафлюороэтилена. Разрушить любые неподатливые частицы, используя резиновый встряхиватель, и промыть, по крайней мере, 3 раза 8 М азотной кислотой.

Действие 3

Выпарить досуха под инфракрасной лампой.

Действие 4

Растворить в 5 мл 40% фтористоводородной кислоты и высушить досуха. Повторить дважды.

Действие 5

Добавить 10 мл концентрированной азотной кислоты и несколько мг твердого нитрата алюминия, высушить досуха. Дополнительно добавить 10 мл концентрированной азотной кислоты и высушить досуха.

Действие 6

Растворить в минимальном объеме 8 М азотной кислоты.

Действие 7

Если планируется проведение анализа актинидов в этой же пробе, перенести ее в подходящую мерную колбу и развести водой до метки. Перенести половину раствора в 250 мл стакан, добавить точно известную навеску носителя стронция – около 30 мг, продолжать выделение (Инструкции Д2г или Д2д). Если анализ актинидов проводится не будет, - можно использовать весь раствор.

Вода

Действие 8

Подкислить отобранную аликвоту 10 мл соляной кислоты и развести до 200 мл. Добавить точно известную навеску носителя стронция (обычно, около 30 мг) и перемешать.

Действие 9

С помощью 5% гидроокиси натрия довести рН до 10 ± 0.5 .

Действие 10

Перемешивая, добавить 4 г карбоната аммония. Продолжать перемешивание в течение, по крайней мере, 10 минут после полного растворения реагента.

Действие 11

Профильтровать с подсоединением вакуума через бумажный фильтр Ватман No 42 и промыть осадок раствором 5% карбоната аммония. Отбросить фильтрат и промывную жидкость.

Действие 12

Отсоединить вакуум и смочить фильтровальную бумагу 8 М азотной кислотой для растворения осадка. Повторить фильтрацию с подсоединением вакуума и промыть 8 М азотной кислотой.

Действие 13

Перенести раствор в 250 мл стакан и продолжать выделение (Инструкции Д2д или Д2г).

*Молоко***Действие 14**

Отмерить 50 мл молока в 2 л чашку и поместить на 90 минут в муфельную печь при 500°C.

Действие 15

Достать чашку из муфельной печи, кратковременно охладить; смочить золу 8 М HNO_3 и поместить в муфельную печь до получения белого остатка (обычно в течение 30 минут).

Действие 16

Растворить золу в минимальном объеме 8 М азотной кислоты и добавить точную навеску носителя стронция (около 30 мг). Количественно перенести в 250 мл стакан и продолжать выделение (Инструкция Д2г или Д2д).

*Почва***Действие 17**

Точно взвесить около 50 г хорошо перемешанной почвы, перенести в 2 л чашку и поместить в муфельную печь при 500°C. Оставить на 2 часа или до получения золы.

Действие 18

Добавить к 50 г сожженной почвы 100 мл царской водки и нагревать, доведя почти до кипения, в течение 2 часов.

Действие 19

Охладить и фильтровать через Ватман GF/V, промывая концентрированной соляной кислотой, а затем, водой.

Действие 20

Довести до известного объема в подходящей мерной колбе. Хорошо перемешать.

ПРИМЕЧАНИЕ

Данный готовый раствор может также быть использован для анализа актинидов.

Действие 21

Точно отмерить аликвоту, составляющую около одной десятой раствора, в 250 мл стакан, прибавить точную навеску носителя стронция (около 30 мг) и выпаривать почти до сухого остатка.

Действие 22

Прилить 50 мл концентрированной азотной кислоты и снова выпаривать почти до сухого остатка. Прилить 50 мл 8 М азотной кислоты и продолжать выделение (Инструкции Д2г и Д2д).

Трава и овощи

Действие 23

Точно взвесить около 50 мг гомогенной пробы, перенести в 2 л чашку и поместить в муфельную печь при 500°C. Оставить на 90 минут.

Действие 24

Достать чашку из муфельной печи, кратковременно охладить, смочить золу 8 М HNO₃ и поместить в муфельную печь до получения белого остатка.

Действие 25

Нагревать остаток в присутствии 100 мл концентрированной азотной кислоты, доведя почти до кипения, до растворения остатка или в течение 2 часов (что быстрее).

Действие 26

Отфильтровать через стекловолоконный фильтр, промыть 8 М азотной кислотой, затем водой. Отбросить остаток.

Действие 27

Перенести фильтрат в 250 мл стакан, добавить точно известную навеску носителя стронция (около 30 мг) и продолжать выделение (Инструкции Д2г или Д2д).

| | | |
|--|---|-------------------|
| <i>Выполняется:</i> <i>Группой изотопного анализа</i> | ИНСТРУКЦИЯ Д2г | <i>Стр.1 из 3</i> |
| | ВЫДЕЛЕНИЕ СТРОНЦИЯ – МЕТОДИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ | |

Цель

Выделить стронций из 8 М раствора азотной кислоты.

Обсуждение

Преимущество данного метода состоит в том, что при его использовании получается фракция стронция высокой степени очистки. Основной недостаток – работа с дымящей азотной кислотой.

Приборы / Ресурсы

- Сушильный шкаф
- Водяная баня
- Стеклянная посуда, стаканы, мерные колбы, стеклянные палочки и т.д.
- Фильтровальная бумага; Ватман GF/B (стекловолокно)
- Электрическая плитка
- Центрифуга на 50 мл пробирки
- Центрифужные пробирки на 50 мл
- Флаконы для жидкостного сцинтилляционного счета
- рН метр с одним электродом
- Лед

Реагенты

- Дымящая азотная кислота; концентрированная
- Соляная кислота; концентрированная 1 М и 6 М
- Карбонат аммония; твердый
- Нитрат бария; твердый
- Ацетат аммония; твердый
- Уксусная кислота; ледяная
- Буферный раствор бария; растворить в воде 4.8 г нитрата бария, 231.2 г ацетата аммония и 86.4 мл ледяной уксусной кислоты, и довести до 1 л
- Раствор гидроксида аммония; 1 М
- Хромат натрия; 0.3 М водный раствор
- Железная проволока
- Раствор носителя железа; 5 мг Fe⁺⁺ на мл. Растворить 5 г железной проволоки в минимальном объеме 6 М соляной кислоты; развести водой до 1 л

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Следует отметить, что только хорошо обученный персонал может осуществлять данные этапы подготовки проб. При обращении с опасными химическими веществами следует проявлять осторожность.

Действие 1

Выпарить подготовленную пробу (Инструкция Д2в) на электрической плитке до начала выплывания соли.

Действие 2

Немедленно добавить 20 мл воды.

Действие 3

Охладить в ледяной бане и добавить, помешивая, 67 мл дымящей азотной кислоты. Продолжать помешивать в течение 30 минут.

Действие 4

Профильтровать с подсоединением вакуума через стекловолоконный фильтр и промыть дымящей азотной кислотой. Отбросить фильтрат и промывную жидкость.

Действие 5

Отсоединить вакуум и смочить осадок водой для растворения. Повторить фильтрацию с подсоединением вакуума и промыть водой, стараясь поддерживать объем раствора на минимальном уровне.

Действие 6

Перенести в 50 мл центрифужную пробирку и добавить 4 мл буферного раствора бария.

Действие 7

С помощью 1 М раствора гидроокиси аммония или 1 М соляной кислоты довести рН до 5.5.

Действие 8

Нагреть до 90°C на водяной бане и добавить по каплям, помешивая, 1 мл 0.3 М раствора хромата натрия. Нагревать на кипящей водяной бане в течение 30 минут.

Действие 9

Охладить в ледяной бане и отцентрифугировать. Осторожно декантировать надосадочную жидкость в чистую пробирку и отбросить осадок.

Действие 10

Добавить 1 мл раствора носителя железа. Перемешать и добавить по каплям, помешивая, концентрированный раствор аммония до получения щелочного раствора. Отцентрифугировать и декантировать надосадочную жидкость в чистую пробирку. Отметить среднее время центрифугирования. Отбросить осадок.

Действие 11

Добавить 2 г карбоната аммония и нагревать на водяной бане до коагуляции осадка.

Действие 12

Охладить и перенести во взвешенный флакон для жидкостного сцинтилляционного счета. Если необходимо – по частям. Отцентрифугировать. Осторожно декантировать надосадочную жидкость и отбросить.

Действие 13

Промыть водой и отцентрифугировать. Отбросить смыв.

Действие 14

Высушить в сушильном шкафу при 110°C до постоянного веса. Зарегистрировать вес карбоната стронция для расчета химического выхода.

Действие 15

Растворить в 2 мл 8 М азотной кислоты и высушить досуха.

Действие 16

Растворить в 2 мл воды. Маркировать пробу кодом. Проба готова для счета (Действие 3, Инструкция Д2).

| | | |
|--|--|-------------------|
| <i>Выполняется:</i> <i>Группой изотопного анализа</i> | ИНСТРУКЦИЯ Д2д | <i>Стр.1 из 2</i> |
| | ВЫДЕЛЕНИЕ СТРОНЦИЯ – МЕТОД ЭКСТРАКЦИОННОЙ ХРОМАТОГРАФИИ | |

Цель

Выделить стронций из 8 М раствора азотной кислоты.

Обсуждение

По сравнению с методом, использующим азотную кислоту, данный метод не требует работы с дымящей азотной кислотой и является более быстрым. Недостаток метода заключается в необходимости использования относительно дорогой смолы.

Приборы / Ресурсы

- Сушильный шкаф
- Муфельная печь
- Стеклопосуда, лабораторные стаканы, мерные колбы, стеклянные палочки и т.д.
- Фильтровальная бумага; Ватман No. 542
- Магнитная мешалка
- Стержни для магнитной мешалки
- Флаконы для жидкостного сцинтилляционного счета
- рН метр с одним электродом

Реагенты

- Щавелевая кислота; твердая
- Соляная кислота; концентрированная
- Карбонат аммония; твердый
- Карбонат кальция; твердый
- Носитель кальция; 200 мг Ca^{++} на мл. Смешать с водой 50 г карбоната кальция; медленно добавить, перемешивая, соляную кислоту, достаточно концентрированную для растворения карбоната. Довести водой до 100 мл.
- Оксалат аммония; 0.5 % водный раствор
- Азотная кислота; 8 М
- Раствор гидроксида аммония; концентрированный

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Следует отметить, что только хорошо обученный персонал может осуществлять данные этапы подготовки проб. При обращении с опасными химическими веществами следует проявлять осторожность.

Действие 1

Выпарить подготовленную пробу (Инструкция Д2в) до начала формирования твердых частиц и развести водой, по крайней мере, в 4 раза. Поместить в магнитную мешалку и добавить стержень.

Действие 2

Добавить 3.5 г щавелевой кислоты на 100 мл раствора и перемешивать до растворения. Добавить около 1 мл носителя кальция.

Действие 3

Добавить, перемешивая, раствор гидроокиси аммония до установления рН на уровне 5.5 - 6.0. Достать стержень и дать осадку отстояться.

Действие 4

Отфильтровать через фильтровальную бумагу Ватман No. 542, промыть и прополоскать стакан 0.5 % раствором оксалата аммония. Отбросить фильтрат.

Действие 5

Перенести фильтровальную бумагу и осадок в 400 мл чашку и озолить при 500°C в течение 2 часов.

Действие 6

Растворить золу в минимальном объеме 8 М HNO₃, обычно около 30 мл.

Действие 7

Пропустить раствор через подготовленную 3 г колонку Sr-смолы (Eichrom Industries Inc.) (См. Инструкцию Д2е). Заметить время, когда вся проба пройдет через колонку. Промыть стакан небольшими количествами 8 М HNO₃ и добавить промывную жидкость в колонку. Отбросить очищенный раствор.

Действие 8

Промыть колонку 8 М HNO₃ до прохождения через нее 40 мл. Отбросить промывную жидкость.

Действие 9

Элюировать стронций вместе с 40 мл воды в чистый стакан, добавить 2 г карбоната аммония и выпаривать на водяной бане до коагуляции осадка.

Действие 10

Охладить и декантировать возможно больший объем надосадочной жидкости без потери осадка. Перенести во взвешенный флакон для жидкостного сцинтилляционного счета, если необходимо – в несколько этапов. Отцентрифугировать. Осторожно декантировать надосадочную жидкость и отбросить.

Действие 11

Промыть водой осадок и отцентрифугировать. Отбросить промывную жидкость.

Действие 12

Высушить в сушильном шкафу при 110°C до постоянного веса. Зарегистрировать вес карбоната стронция для расчета химического выхода.

Действие 13

Растворить в 2 мл 8 М азотной кислоты и высушить до сухого остатка.

Действие 14

Растворить в 2 мл воды. Маркировать пробу кодом. Проба готова для счета (Действие 3, Инструкция Д2).

| | | |
|-----------------------------------|--|-------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ Д2е | <i>Стр.1 из 1</i> |
| <i>Группой изотопного анализа</i> | ПОДГОТОВКА КОЛОНКИ СО СМОЛОЙ ДЛЯ СТРОНЦИЯ | |

Цель

Подготовить колонку со смолой для выделения стронция из разведенного раствора азотной кислоты (до 8М).

Обсуждение

Смола является очень специфичной для стронция, однако, ее емкость составляет для стабильного стронция только около 12 мг Sr на грамм смолы. Смола дорого стоит, но может использоваться повторно до 5 раз при низкой активности проб.

Приборы / Ресурсы

- Ионообменная колонка диаметром 1 см
- Фильтровальная бумага Ватман GF/A разрезанная кругами по 1 см в диаметре

Реагенты

- Азотная кислота; 8 М
- Sr-смола; полученная от Eichrom Industries Inc

Действие 1

Добавить в ионообменную колонку диаметром 1 см водную суспензию Sr-смолы в количестве, достаточном для того, чтобы высота колонки стала 5.5 см. Дать воде стечь до поверхности смолы.

Действие 2

Закрывать колонку сверху небольшой пробкой из стекловолкна. Это делается для предотвращения всплывания смолы.

Действие 3

Протестировать колонку, пропуская 40 мл 8 М азотной кислоты, дать стечь до поверхности пробки из GF/A. Колонка готова к добавлению пробы (Действие 7, Инструкция Д2д).

| | | |
|--|------------------------|-------------|
| Выполняется: Группой изотопного анализа | ИНСТРУКЦИЯ ДЗ | Стр. 1 из 2 |
| | АНАЛИЗ ПЛУТОНИЯ | |

Цель

Определить концентрацию альфа-излучающих изотопов плутония в различных пробах.

Обсуждение

Данная инструкция включает в себя описание выделения изотопов плутония из растворов азотной кислоты методом ионного обмена. В этом случае требуется проба малого размера, поэтому эффекты матрицы почти исключаются. В связи с этим может оказаться невозможным распространить использование метода на пробы большего размера.

В Таблице Д2 даны значения размера проб, типичной минимальной детектируемой активности (МДА) на основании 95% доверительного интервала и приблизительная длительность времени проведения анализа [17,18].

ТАБЛИЦА Д2: ТИПИЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ АНАЛИЗОВ ПЛУТОНИЯ.

| Вид пробы | Размер пробы | Типичная МДА | Единицы | Время анализа [ч] |
|-------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|-------------------|
| | | $^{239}\text{Pu}/^{240}\text{Pu}$ | | |
| частицы в воздухе | 1 м ³ | 0.003 | Бк/м ³ | 36 |
| вода | 1 л | 0.1 | Бк/л | 10 |
| почва | 5 г | 0.3 | Бк/кг | 16 |
| трава | 50 г | 0.1 | Бк/кг | 19 |
| молоко | 50 мл | 0.1 | Бк/л | 12 |
| овощи | 50 г | 0.1 | Бк/кг | 19 |

Резюме

| | |
|-------------------------|--|
| Объект анализа: | альфа-излучающие изотопы плутония |
| Процедура: | выделение изотопов плутония из раствора азотной кислоты методом ионного обмена |
| Виды проб: | частицы в воздухе, почва/отложения, вода, молоко, трава, овощи |
| Матрица: | раствор азотной кислоты |
| МДА: | См. Таблицу Д2 |
| Время измерения: | См. Таблицу Д2 |
| Точность: | ±10-15% |

Предостережения / Ограничения

Настоящий метод предназначен для измерения проб малого размера и может не подойти для измерения более крупных проб.

Следует регулярно практиковаться в осуществлении данной инструкции для обеспечения соответствующего опыта у операторов.

Некоторые химические вещества могут оказывать вредное воздействие, если с ними не обращаться правильно. Поэтому, использующие данную инструкцию лица должны быть подготовлены соответствующим образом, а также должны следовать соответствующим правилам своей страны, контролирующим использование химических веществ.

Приборы / Ресурсы

➤ Система альфа-спектрометрии

Действие 1

Подготовить пробу, используя Инструкцию ДЗв.

Действие 2

Провести кратковременное измерение фона для проверки спектрометра на предмет загрязнения.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

НЕ использовать полученный фоновый спектр для вычитания фона. Использование может быть возможно только в случае, если у вас нет другого фонового значения, полученного в результате длительного измерения.

Действие 3

Провести измерение пробы до получения соответствующей статистики счета.

Действие 4

Рассчитать активность плутония с помощью следующей формулы:

$$A_{Pu} = \frac{A_{spike} \cdot (R_{Pu} - R_b) \cdot p_{Pu}}{(R_{spike} - R_b) \cdot p_{spike}}$$

где

A_{Pu} = активность Pu [Бк]

A_{spike} = активность радионуклида-свидетеля, например, ^{242}Pu [Бк]

R_{Pu} = скорость счета в пике Pu [имп/сек]

R_{spike} = скорость счета в пике радионуклида-свидетеля [имп/сек]

R_b = скорость фонового счета [имп/сек]

p_{Pu} = вероятность превращения для ^{239}Pu ($p_{Pu} = 0.73$ для 5.157 МэВ)

p_{spike} = вероятность превращения для радионуклида-свидетеля

Действие 5

Зарегистрировать в журнале спектрометра и сохранять все относящиеся к делу данные и результаты. Заполнить Карту ДЗ.

| | | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ Д3а | <i>Стр.1 из 2</i> |
| <i>Группой изотопного анализа</i> | КАЛИБРОВКА АЛЬФА-СПЕКТРОМЕТРА | |

Цель

Провести калибровку энергии альфа-спектрометра.

Обсуждение

Ключевыми показателями спектров альфа-излучателей являются расположение и интенсивность пика. Информация о положении пика используется для определения энергии альфа-излучения, что может быть сделано при известном соответствии между каналом и энергией, то есть после энергетической калибровки системы.

Соответствие между каналом и энергией является довольно стабильным параметром и может быть легко определено с помощью калибровочных измерений. В диапазоне энергий, измеряемых альфа-спектрометром (4 - 8 МэВ), указанное соотношение близко к линейному. Большинство современных спектроскопических систем имеют встроенные функции автоматического осуществления калибровки (коррекцию отклонения от линейности часто проводят подгонкой данных калибровочных измерений с помощью полиномов высшей степени). Несмотря на широкое разнообразие возможностей осуществления калибровки, все методы основаны на одной и той же простой процедуре, которая может быть выполнена любым пользователем при отсутствии сложных приборов и компьютерных программ.

Определители выхода (^{242}Pu , ^{243}Am и соответствующий изотоп Cm) должны быть получены из Государственной лаборатории стандартов и, следовательно, должны быть сертифицированы. Измеренное количество определителя выхода добавляется к пробам. Концентрацию активности в пробе рассчитывают путем сравнения с известной активностью. Поэтому калибровка эффективности спектрометра не требуется.

Предостережения / Ограничения

Важно, чтобы все установки и настройки системы были сделаны до проведения калибровки энергии и поддерживались до новой калибровки. Небольшие изменения в установках компонентов системы могут оказать непосредственное влияние на энергетическую шкалу.

Приборы / Ресурсы

- Система альфа-спектрометрии
- Источник тройного пика (^{239}Pu , ^{241}Am , ^{244}Cm)

Действие 1

Поместить источники в спектрометр.

Действие 2

Начать съем данных в течение времени, необходимого для регистрации достаточного количества импульсов (хотя бы 1000) в интересующих пиках.

Действие 3

Определить вручную или с помощью функции спектрометрической системы положение пика с точностью до десятой канала.

Метод определения вручную

Установить границы интересующей области вокруг пика. Пусть a и b обозначают нижний и верхний граничные каналы соответственно. Пусть N_i обозначает количество импульсов в канале i . Определить положение пика p с помощью следующей формулы:

$$p = \frac{\sum_{i=a}^b i \cdot N_i}{\sum_{i=a}^b N_i}$$

Действие 4

Нанести на линейную диаграмму точки соответствующих положений пика против значений энергии, взятых из библиотеки радионуклидов. Соединить точки прямой линией.

ПРИМЕЧАНИЕ

Для большей точности можно использовать встроенные функции системы с применением полиномов высоких степеней.

Считается, что калибровка будет стабильной, пока остаются неизменными электронные установки системы (высоковольтный блок, усилитель и т.д.). Такие параметры окружающей среды, какambiентная температура, могут влиять на стабильность (особенно, при использовании NaI(Tl) детектора). Данный эффект должен оцениваться для внесения при необходимости окончательной коррекции.

Действие 5

Зарегистрировать данные и калибровочную кривую в журнал спектрометра.

| | | |
|--|--------------------------------|------------|
| Выполняется: Группой изотопного анализа | ИНСТРУКЦИЯ ДЗ6 | Стр.1 из 1 |
| | КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СПЕКТРОМЕТРА | |

Цель

Проверить альфа-спектрометр на предмет загрязнения и смещение энергии.

Обсуждение

Регулярная проверка фона обеспечивает быстрое выявление потенциального загрязнения, и, следовательно, позволяет определить пробы, результаты измерения которых могут быть некорректными. При необходимости эти пробы можно измерить повторно. Регулярные проверки энергетической калибровки гарантируют отсутствие смещения калибровки.

Приборы / Ресурсы

- Система альфа-спектрометрии
- Источник тройного пика (^{239}Pu , ^{241}Am , ^{244}Cm)
- Диски из нержавеющей стали

Действие 1

Измерить фон в течение хотя бы 1000 минут, используя пустой диск из нержавеющей стали диаметром 2,5 см такого же типа, как и используемый для электроосаждения. Повторять измерения фона, по крайней мере, каждый месяц; при подозрении на загрязнения детектора – более часто.

Действие 2

Еженедельно проводить энергетическую калибровку. При наличии любого подозрения на смещение калибровки, сразу провести калибровку прибора.

Действие 3

Сохранять записи фоновых значений, параметров энергетической калибровки и всех других относящихся к делу данных в журнале спектрометра.

| | | |
|----------------------------|-------------------------|------------|
| Выполняется: | ИНСТРУКЦИЯ ДЗВ | Стр.1 из 7 |
| Группой изотопного анализа | ПОДГОТОВКА ПРОБЫ | |

Цель

Перевести пробы различных видов в 8 М раствор азотной кислоты, пригодный для анионного обмена.

Обсуждение

Если требуется определение в пробах америция и / или кюрия, одновременно с добавлением определителя ^{242}Pu следует добавить соответствующие определители выхода. Инструкция Д4 используется для анализа америция / кюрия.

Наиболее важным этапом подготовки пробы является электроосаждение. Необходимо обеспечить, чтобы на поверхности диска из нержавеющей стали, напыленного электроосаждением, не имелось цветных пятен или колец. Это может повлиять на результат счета на альфа-спектрометре.

На рисунке Д2 представлена обзорная схема подготовки пробы.

Приборы / Ресурсы

- Электроосаждающая ячейка
- Источник энергии для электроосаждения
- Диски из нержавеющей стали
- Муфельная печь
- Ультразвуковая баня
- Стеклопосуда, стаканы, мерные колбы, стеклянные палочки, стаканы из политетрафлюороэтилена и т.д.
- Фильтровальная бумага; ватман No. 42, ватман GF/B (стекловолокно)
- Электрическая плитка
- Резиновый встряхиватель
- рН метр с одним электродом

Реагенты

- Стандартный раствор ^{242}Pu
- Стандартный раствор ^{243}Am
- Стандартный раствор ^{242}Cm или ^{244}Cm сколько требуется (См. обсуждение в Инструкции Д4)
- Азотная кислота; концентрированная, 8М
- Фтористоводородная кислота; концентрированная (40%)
- Нитрат алюминия; твердый
- Железная проволока
- Раствор носителя железа; 5 мг Fe^{++} на мл. Растворить навеску 5 г железной проволоки в минимальном объеме 6 М соляной кислоты; развести водой до 1 л
- Соляная кислота; концентрированная, 6 М
- Нитрит натрия; твердый
- Раствор гидроксида аммония; концентрированный
- Царская водка; 1:4 смесь концентрированной азотной кислоты и концентрированной соляной кислоты; приготовить, когда требуется – не хранить
- Йодистоводородная кислота; концентрированная (после открытия хранить в холодильнике и использовать в течение 3-х месяцев)

- Серная кислота; концентрированная
- Раствор для напыления забуференный сульфатом аммония. К примерно 700 мл воды осторожно прилить 60 мл концентрированной серной кислоты, постоянно помешивая. После охлаждения довести рН до 5.3 с помощью 5% гидроокиси аммония. Развести водой до 1 л; проверить рН и непосредственно перед использованием довести еще раз до 5.3.
- Метанол

Предварительная подготовка пробы

Воздушные фильтры

Действие 1

Медленно озолить при 450^oC для избежания воспламенения и возможной потери материала. Этот этап может занять до 24 часов.

Действие 2

Используя 8 М азотную кислоту, количественно перенести остаток в стакан из политетрафлюороэтилена. Разрушить любые неподатливые частицы, используя ультразвуковую баню и резиновый встряхиватель, и промыть хотя бы 3 раза 8 М азотной кислотой.

Действие 3

Выпарить досуха под инфракрасной лампой.

Действие 4

Растворить в 5 мл 40% фтористоводородной кислоты и высушить досуха. Повторить дважды.

Действие 5

Добавить 10 мл концентрированной азотной кислоты и несколько мг твердого нитрата алюминия, высушить досуха. Дополнительно добавить 10 мл концентрированной азотной кислоты и высушить досуха.

Действие 6

Растворить в минимальном объеме 8 М азотной кислоты.

Действие 7

Если планируется проведение анализа стронция в этой же пробе, перенести ее в подходящую мерную колбу и развести до метки 8 М азотной кислотой. Перенести половину раствора в 250 мл стакан. Если определение стронция проводиться не будет, можно использовать весь раствор.

Действие 8

Добавить точно известные количества определителей выхода ²⁴²Pu, ²⁴³Am и соответствующего изотопа Cm по весу (как требуется) и продолжать окончательную подготовку пробы (Действие 26).

*Вода***Действие 9**

Подкислить отобранную аликвоту 10 мл соляной кислоты и развести до 200 мл. Добавить 10 мл носителя железа. Добавить точно известные количества определителей выхода ^{242}Pu , ^{243}Am и соответствующего изотопа Cm по весу (как требуется). Хорошо перемешать.

Действие 10

С помощью 5% раствора гидроксида аммония довести pH до 10 ± 0.5 .

Действие 11

Профильтровать с подсоединением вакуума через бумажный фильтр ватман No 42 и промыть осадок водой. Отбросить фильтрат и промывную жидкость.

Действие 12

Отсоединить от вакуума и смочить фильтровальную бумагу 8 М азотной кислотой для растворения осадка. Повторить фильтрацию с подсоединением вакуума и промыть 8 М азотной кислотой.

Действие 13

Перенести раствор в 250 мл стакан и продолжать окончательную подготовку пробы (Действие 26).

*Молоко***Действие 14**

Отмерить 50 мл молока в 2 л чашку и поместить на 90 минут в муфельную печь при 500°C .

Действие 15

Достать чашку из муфельной печи, кратковременно охладить; смочить золу 8 М HNO_3 и поместить в муфельную печь до получения белого остатка (обычно в течение 30 минут).

Действие 16

Растворить золу в минимальном объеме 8 М азотной кислоты. Количественно перенести в 250 мл стакан. Добавить точно известные количества определителей выхода ^{242}Pu , ^{243}Am и соответствующего изотопа Cm по весу (как требуется) и продолжать окончательную подготовку пробы (Действие 26).

*Почва***Действие 17**

Точно взвесить около 50 г хорошо перемешанной почвы, перенести в 2 л чашку и поместить в муфельную печь при 500°C . Оставить на 2 часа или до получения золы.

Действие 18

Добавить к 50 г сожженной почвы 100 мл царской водки и нагревать, доведя почти до кипения, в течение 2 часов.

Действие 19

Охладить и фильтровать через ватман GF/B, промывая концентрированной соляной кислотой и, затем, водой.

Действие 20

Довести до известного объема в подходящей мерной колбе. Хорошо перемешать. (Данный имеющийся наготове раствор может также использоваться для определения стронция).

Действие 21

Точно отмерить аликвоту, составляющую около одной десятой раствора, в 250 мл стакан. Добавить точно известные количества определителей выхода ^{242}Pu , ^{243}Am и соответствующего изотопа Sm по весу (как требуется) и выпаривать почти до сухого остатка.

Действие 22

Прилить 10 мл концентрированной азотной кислоты и снова выпаривать почти до сухого остатка. Прилить 50 мл 8 М азотной кислоты и продолжать окончательную подготовку пробы (Действие 26).

*Трава и овощи***Действие 23**

Точно взвесить около 50 мг гомогенной пробы, перенести в 2 л чашку и поместить в муфельную печь при 500°C . Оставить на 90 минут.

Действие 24

Достать чашку из муфельной печи, кратковременно охладить, смочить золу 8 М HNO_3 и поместить в муфельную печь до получения белого остатка (обычно, на 60 – 90 минут).

Действие 25

Растворить остаток в минимальном объеме 8 М азотной кислоты. Добавить точно известные количества определителей выхода ^{242}Pu , ^{243}Am и соответствующего изотопа Sm по весу (как требуется) и продолжать окончательную подготовку пробы (Действие 26).

Окончательная подготовка пробы**Действие 26**

Добавить около 100 мг нитрита натрия и нагревать до кипения до тех пор, пока не перестанут выделяться бурые испарения. Охладить.

Действие 27

Пропустить через подготовленную ионообменную колонку (Инструкция ДЗг). Прополоскать стакан небольшим количеством 8 М HNO_3 , добавить промывную жидкость в колонку. Промыть колонку 8 М HNO_3 в количестве, равном 10 объемам колонки. При необходимости собрать очищенный раствор и смывы для анализа америция и/или кюрия (Инструкция Д4).

Действие 28

Промыть колонку концентрированной HCl , в количестве, равном 10 объемам колонки, или до тех пор, пока элюат не станет бесцветным. Отбросить элюат.

Действие 29

Элюировать плутоний из колонки в чистый стакан, пропуская через колонку концентрированную HCl , содержащую 2% йодистоводородной кислоты, в количестве, равном 10 объемам колонки. Выпаривать на плитке до сухого остатка.

Действие 30

Добавить несколько капель концентрированной HCl для растворения остатка. Выпаривать до сухого остатка.

Действие 31

Добавить несколько капель концентрированной HNO_3 для растворения остатка. Выпаривать до сухого остатка.

Действие 32

Повторять Действия 30 и 31 до получения белого остатка (обычно в данном действии нет необходимости).

Действие 33

Растворить в растворе для напыления, добавить в ячейку (См. Рисунок ДЗ – пример ячейки), и проводить электроосаждение на 2.5 см диск из нержавеющей стали при 500 мА в течение 2 - 3 часов.

Действие 34

Добавить 1 мл концентрированного раствора аммония и продолжать электроосаждение в течение 1 минуты. Выключить электричество, быстро опорожнить ячейку и разобрать.

Действие 35

Промыть пластинку водой, а затем метанолом. Высушить и представить для альфа-спектрометрии (Действие ДЗ).

РИСУНОК Д2
ОБЗОРНАЯ СХЕМА ПОДГОТОВКИ ПРОБЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ПЛУТОНИЯ

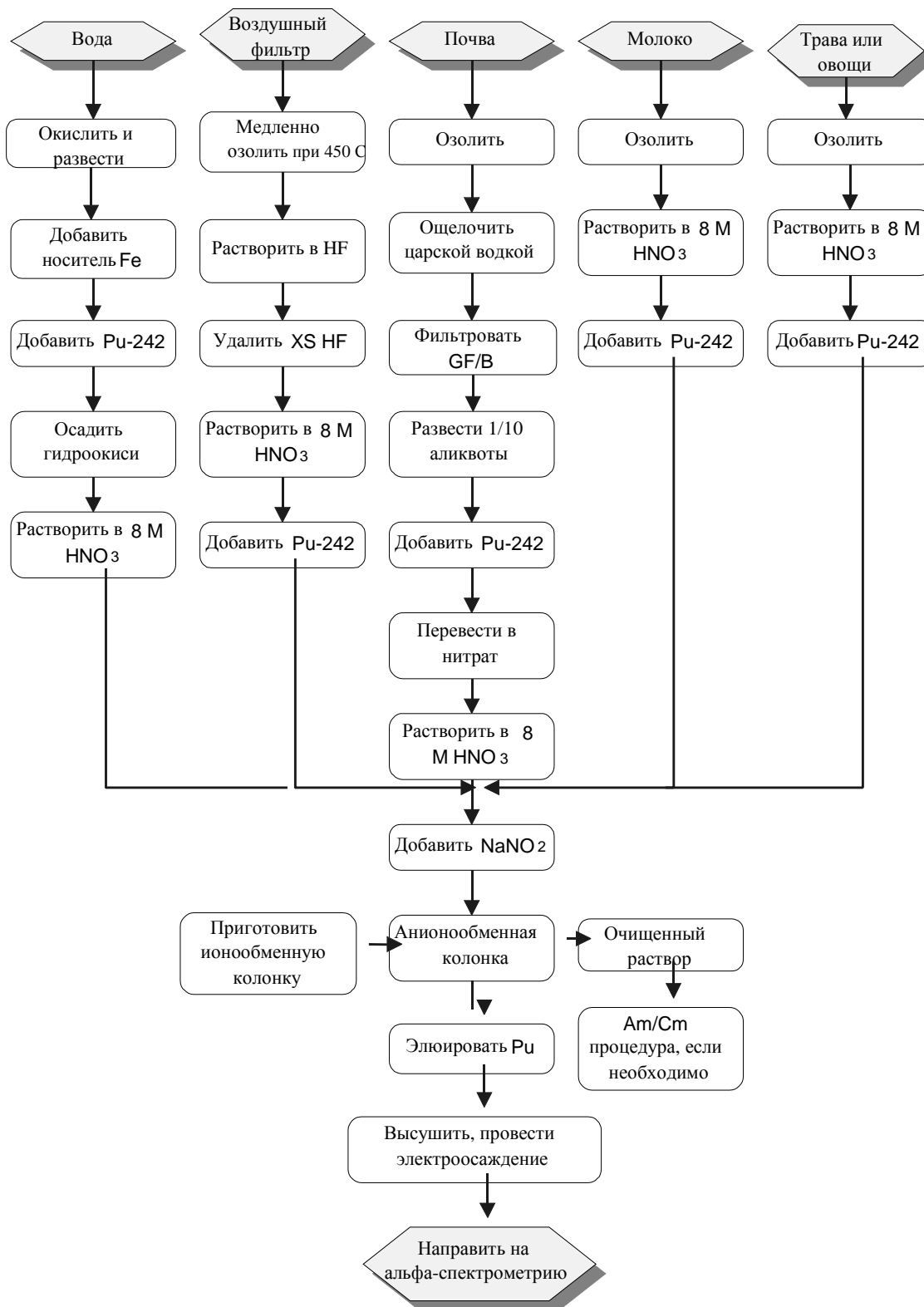
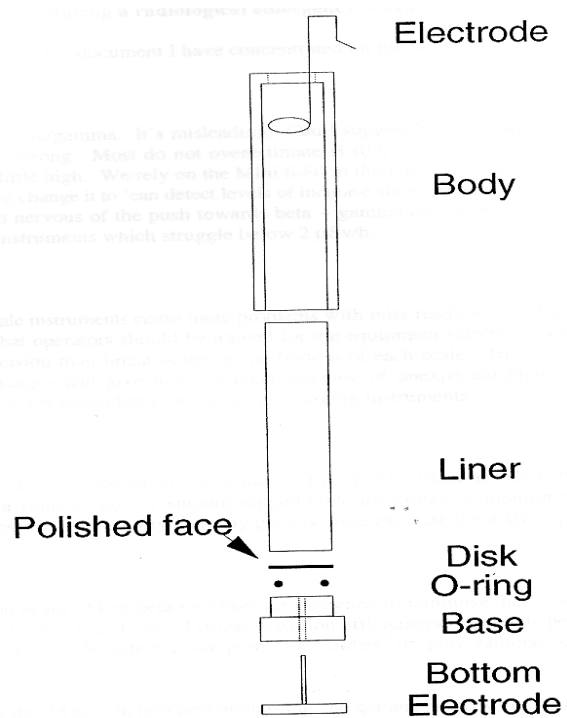


РИСУНОК ДЗ
ПРИМЕР ЭЛЕКТРООСАЖДАЮЩЕЙ ЯЧЕЙКИ



| | | |
|-----------------------------------|---|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ ДЗг | <i>Стр. 1 из 1</i> |
| <i>Группой изотопного анализа</i> | ИОНООБМЕННАЯ КОЛОНКА ДЛЯ ЭКСТРАКЦИИ ПЛУТОНИЯ | |

Цель

Приготовить ионообменную колонку, подходящую для выделения плутония из 8 М раствора HNO_3 .

Обсуждение

С помощью колонки происходит экстракция плутония из раствора, а америций и кюрий проходят через колонку.

Приборы / Ресурсы

- Ионообменная колонка диаметром 1 см

Реагенты

- Анионообменная смола; Dowex AG 1X8, 100 – 200 меш
- Азотная кислота; 8 М

Действие 1

Сделать водную суспензию анионообменной смолы (Dowex AG 1X8, 100-200 меш или эквивалентная).

Действие 2

Добавить в пустую ионообменную колонку диаметром 1 см подготовленную суспензию в количестве, достаточном для того, чтобы высота колонки стала 8 см. Дать воде стечь до поверхности смолы.

Действие 3

Протестировать колонку, пропуская 60 мл 8 М HNO_3 , дать стечь до поверхности смолы. Колонка готова к добавлению пробы (Действие 27, Инструкция ДЗв).

| | | |
|----------------------------|--------------------------------|------------|
| Выполняется: | ДЕЙСТВИЕ Д4 | Стр 1 из 3 |
| Группой изотопного анализа | АНАЛИЗ АМЕРИЦИЯ / КЮРИЯ | |

Цель

Измерить концентрации активности в различных видах проб, отобранных Группой (группами) отбора проб окружающей среды и пищевых продуктов, для обеспечения возможности быстрой оценки аварийной радиационной ситуации.

Обсуждение

²⁴¹Am является гамма-излучателем, и в количествах, которые могут образоваться вследствие аварии, должен определяться методом гамма-спектрометрии. Однако возможно также и присутствие радионуклидов юрия, особенно в случае аварий с вовлечением ядерного материала. Метод определения юрия и америция один и тот же, хотя необязательно, что выход будет одинаковым. В связи с этим, необходимо использование определителей выхода для обоих элементов. Если известен конкретный радионуклид юрия, который присутствует или может присутствовать (²⁴²Cm или ²⁴⁴Cm), должны использоваться другие радионуклиды. Для определения присутствующего радионуклида должно быть проведено измерение на раннем этапе без определителя выхода юрия; при необходимости заключение о выходе данной первой пробы может быть сделано на основании последующих анализов этой же матрицы.

Данный метод обычно применим для раствора америция или юрия, приготовленного фактически из любой матрицы. Начальным материалом является очищенный раствор из анионообменной колонки при определении плутония (Инструкция Д3). Удаление плутония путем анионного обмена должно быть проведено даже в случае, если анализ самого плутония не требуется. Для выделения америция и плутония используется метод экстракционной хроматографии с TRU-смолой и TEVA-смолой (Eichrom Industries Inc.). Вследствие того, что в данных случаях требуются пробы небольшого размера, влияния матрицы почти исключаются. Поэтому может оказаться невозможным распространение метода на пробы большего размера.

Использование вышеуказанных смол является последним нововведением по отношению к использованию более традиционных методов. Вместе с тем, их использование приводит к значительному сохранению времени, как реальному, так и времени занятости оператора, что является важным в период ближайших последствий радиационной аварийной ситуации.

В Таблице Д3 даны значения размера проб, типичной минимальной детектируемой активности (МДА) на основании 95% доверительного интервала и приблизительная длительность времени проведения анализа [17,18].

ТАБЛИЦА Д3: ТИПИЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ АНАЛИЗОВ АМЕРИЦИЯ \ КЮРИЯ

| Вид пробы | Размер пробы | Типичная МДА | Единицы | Время анализа [ч] |
|-------------------|------------------|--------------|-------------------|-------------------|
| Частицы в воздухе | 1 м ³ | 0.003 | Бк/м ³ | 48 |
| Вода | 1 л | 0.1 | Бк/л | 24 |
| Почва | 5 г | 0.3 | Бк/кг | 26 |
| Трава | 50 г | 0.1 | Бк/кг | 29 |
| Молоко | 50 мл | 0.1 | Бк/л | 26 |
| Овощи | 50 г | 0.1 | Бк/кг | 29 |

Резюме

| | |
|-------------------------|---|
| Объект анализа: | альфа-излучающие радионуклиды америция и кюрия |
| Процедура: | выделение америция и кюрия методом экстракционной хроматографии |
| Виды проб: | частицы в воздухе, почва/отложения, вода, молоко, трава, овощи |
| Матрица: | раствор азотной кислоты |
| МДА: | См. Таблицу Д3 |
| Время измерения: | См. Таблицу Д3 |
| Точность: | ±10 - 15% |

Предостережения / Ограничения

Настоящий метод предназначен для измерения проб малого размера и может не подойти для измерения более крупных проб.

Следует регулярно практиковаться в осуществлении данной инструкции для обеспечения соответствующего опыта у операторов. Для калибровки альфа-спектрометра и контроля качества используйте Инструкции Д3а и Д3б соответственно.

Некоторые химические вещества могут оказывать вредное воздействие, если с ними не обращаться правильно. Поэтому, использующие данную инструкцию лица должны быть подготовлены соответствующим образом, а также должны следовать соответствующим правилам своей страны, контролирующим использование химических веществ.

Приборы / Ресурсы

- Система альфа-спектрометрии
- Карта Д3

Действие 1

Выпарить очищенный раствор после выделения плутония (Действие 27, Инструкция Д3в).

Действие 2

Подготовить пробу, используя Инструкцию Д4а.

Действие 3

Провести измерение пробы на альфа-спектрометре до получения соответствующей статистики счета.

Действие 4

Рассчитать активности америция и кюрия с помощью следующей формулы:

$$A_x = \frac{A_{\text{spike}} \cdot (R_x - R_b) \cdot p_x}{(R_{\text{spike}} - R_b) \cdot p_{\text{spike}}}$$

где

A_x = активность америция или кюрия [Бк]

A_{spike} = активность пикового радионуклида, например, ^{243}Am или ^{242}Cm [Бк]

R_x = скорость счета в пике америция или кюрия [имп/сек]

R_{spike} = скорость счета в пике пикового радионуклида [имп/сек]

R_b = скорость фонового счета [имп/сек]

p_x = вероятность превращения для америция или кюрия

p_{spike} = вероятность превращения для радионуклида-свидетеля

| Радионуклид | Энергия [МэВ] | Вероятность превращения |
|-------------|---------------|-------------------------|
| Am-241 | 5.487 | 0.852 |
| Cm-242 | 6.113 | 0.738 |
| Cm-244 | 5.805 | 0.764 |

Действие 5

Зарегистрировать в журнале спектрометра и сохранять все относящиеся к делу данные и результаты. Заполнить Карту ДЗ.

| | | |
|-----------------------------------|-------------------------|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ Д4а | <i>Стр. 1 из 2</i> |
| <i>Группой изотопного анализа</i> | ПОДГОТОВКА ПРОБЫ | |

Цель

Перевести пробы различных видов в пригодные для анализа растворы.

Обсуждение

Настоящий анализ может быть проведен вместе с анализом плутония.

Приборы / Ресурсы

- Электроосаждающая ячейка
- Источник энергии для электроосаждения
- Диски из нержавеющей стали
- Стеклопосуда, стаканы, мерные колбы, стеклянные палочки, стаканы из политетрафлюороэтилена и т.д.
- Электрическая плитка
- рН метр с одним электродом

Реагенты

- Перекись водорода; концентрированная
- Аскорбиновая кислота; 0.8 М в воде; приготовить свежую, когда требуется
- Азотная кислота; концентрированная, 8 М и 2 М
- Муравьиная кислота; 0.1 М
- Тиоцианат аммония; 2 М в 0.1 М муравьиной кислоте, 1 М в 0.1 М муравьиной кислоте
- Соляная кислота; концентрированная; 4 М и 9 М
- Раствор гидроксида аммония; концентрированный
- Серная кислота; концентрированная
- Раствор для напыления забуференный сульфатом аммония. К примерно 700 мл воды осторожно прилить 60 мл концентрированной серной кислоты, постоянно помешивая. После охлаждения довести рН до 5.3 с помощью 5% гидроксида аммония. Развести водой до 1 л; проверить рН и непосредственно перед использованием довести еще раз до 5.3.
- Метанол

Действие 1

Выпарить до сухого остатка очищенный раствор после выделения плутония (Действие 2, Инструкция ДЗв). Растворить в 5 мл 8М HNO₃, накрыть часовым стеклом и осторожно нагревать на электрической плитке. Если твердые частицы не растворяются добавить несколько капель перекиси водорода и осторожно кипятить в течение нескольких минут.

Действие 2

Добавить 15 мл воды и 1 мл свежеприготовленного 0.8 М раствора аскорбиновой кислоты. При появлении голубой окраски продолжать приливать раствор аскорбиновой кислоты до исчезновения окраски, затем избыточно добавить примерно 1 мл.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Общий объем не должен превысить 30 мл.

Действие 3

Добавить раствор пробы в приготовленную колонку, заполненную смолой TRU (Инструкция Д4б). Дать стечь до поверхности смолы. Смыть стакан и колонку 10 мл 2 М азотной кислоты.

Действие 4

Промыть колонку 4 мл 9 М соляной кислоты для перевода смолы в хлор-форму. Смешать промывной раствор с элюатом, полученным в результате выполнения Действия 5.

Действие 5

Элюировать америций и кюрий с помощью 15 мл 4 М соляной кислоты. Смешать элюат с промывным раствором, полученным в результате выполнения Действия 4. Выпарить до сухого остатка на негорячей электрической плитке.

Действие 6

Растворить остаток в 10 мл 2 М тиоцианата аммония в 0.1 М муравьиной кислоте и пропустить через приготовленную колонку, заполненную смолой TEVA (Инструкция Д4в). Промыть стакан и колонку несколькими небольшими порциями 1 М тиоцианата аммония в 0.1 М муравьиной кислоте (всего 10 мл).

Действие 7

Элюировать америций и кюрий в 50 мл стакан, содержащий 10 мл концентрированной азотной кислоты с помощью 15 мл 2 М соляной кислоты.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Поскольку тиоцианат разлагается с выделением бурых паров NO_x , следует проводить данную процедуру под вытяжным шкафом.

Действие 8

Выпарить элюат почти до сухого остатка на электрической плитке, добавить 2 мл азотной кислоты и выпарить еще раз. Повторить дважды. Останется небольшое количество серной кислоты, образовавшейся вследствие разложения тиоцианата.

Действие 9

Растворить в растворе для напыления, добавить в ячейку (См. Рисунок Д3) и проводить электроосаждение на 2.5 см диск из нержавеющей стали при 500 мА в течение 2 - 3 часов.

Действие 10

Добавить 1 мл концентрированного раствора аммония и продолжать электроосаждение в течение одной минуты.

Действие 11

Выключить электричество, быстро опорожнить ячейку и разобрать.

Действие 12

Промыть пластинку водой и затем метанолом. Высушить и представить для альфа-спектрометрии (Действие 3, Инструкция Д4).

| | | |
|--|---|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> <i>Группой изотопного анализа</i> | ИНСТРУКЦИЯ Д46 | <i>Стр. 1 из 1</i> |
| | КОЛОНКА ДЛЯ АМЕРИЦИЯ / КЮРИЯ, ЗАПОЛНЕННАЯ СМОЛОЙ TRU | |

Цель

Приготовить ионообменную колонку, подходящую для начального выделения америция и кюрия.

Обсуждение

Выделение америция и кюрия проводят в два этапа после удаления плутония; данная инструкция описывает первый этап.

Приборы / Ресурсы

- Ионообменная колонка диаметром 0.7 см
- Стекловолоконная фильтровальная бумага; ватман GF/A разрезанный на части диаметром 0.7 см

Реагенты

- Префильтровальный материал; Eichrom Industries Inc.
- Смола TRU; Eichrom Industries Inc.
- Азотная кислота; 2 М

Действие 1

В колонку диаметром 0.7 см добавить суспензию префильтровального материала до формирования основания размером 0.6 см.

Действие 2

Добавить суспензию TRU-смолы до образования слоя 2.6 см и дать жидкости стечь до поверхности смолы.

Действие 3

Закрыть поверхность смолы небольшим кружком стекловолоконной фильтровальной бумаги (GF/A) для предотвращения всплывания смолы.

Действие 4

Протестировать колонку, пропуская через нее 3 мл 2 М азотной кислоты. Колонка готова к добавлению пробы (Действие 3, Инструкция Д4а).

| | | |
|--|--|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> <i>Группой изотопного анализа</i> | ИНСТРУКЦИЯ Д4в | <i>Стр. 1 из 1</i> |
| | КОЛОНКА ДЛЯ АМЕРИЦИЯ / КЮРИЯ, ЗАПОЛНЕННАЯ СМОЛОЙ TEVA | |

Цель

Приготовить ионообменную колонку, подходящую для окончательного выделения америция и кюрия.

Обсуждение

Используя настоящую Инструкцию, вы проведете дальнейшее выделение америция и кюрия.

Приборы / Ресурсы

- Ионообменная колонка диаметром 0.7 см
- Стекловолоконная фильтровальная бумага; ватман GF/A разрезанный на части диаметром 0.7 см

Реагенты

- Смола TEVA; Eichrom Industries Inc.
- Муравьиная кислота; 0.1 М
- Тиоцианат аммония; 2 М в 0.1 М муравьиной кислоте

Действие 1

В колонку диаметром 0.7 см добавить суспензию TEVA-смолы до формирования основания размером 2.6 см.

Действие 2

Закрывать поверхность смолы небольшим кружком стекловолоконной фильтровальной бумаги (GF/A) для предотвращения всплывания смолы.

Действие 3

Протестировать колонку, пропуская через нее 4 мл 2 М тиоцианата аммония в 0.1 М муравьиной кислоте, и дать стечь до поверхности смолы. Колонка готова к добавлению пробы (Действие 6, Инструкция Д4а).

РАЗДЕЛ Е
ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ ДАННЫХ

Предупреждение: инструкции в этом разделе должны быть пересмотрены в соответствии с условиями применения

| | | |
|--|---|------------|
| Выполняется: | ИНСТРУКЦИЯ Е1 | |
| Специалистом по мониторингу окружающей среды/Специалистом-радиологом | ОЦЕНКА ДАННЫХ ПОЛЕВОГО МОНИТОРИНГА | Стр.1 из 1 |

Цель

Рассчитать значение наилучшей оценки для измеренного в полевых условиях параметра D (мощность амбиентной дозы, доза) на основании ряда измеренных значений параметра в данном месте в течение данного периода времени.

Обсуждение

В большинстве случаев в данном месте будет проведено несколько измерений параметра D. Ряд независимо измеренных значений D_j ($j = 1, m$) имеет статистический смысл, если принято допущение о том, что параметр D существенно не изменяется в течение времени проведения измерений. Частотное распределение ряда измеренных значений обычно имеет логнормальный характер, наилучшая оценка \bar{D} равна геометрической средней данного распределения (См. Инструкцию Е2). Однако, принимая во внимание все возможные неопределенности, для репрезентативного значения \bar{D} может быть использовано и простое среднее арифметическое значение.

Действие 1

Рассчитать среднее арифметическое для параметра D в данном ряду значений за данный промежуток времени:

$$\bar{D} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m D_j$$

где

\bar{D} = значение наилучшей оценки для параметра D
m = количество измерений

Действие 2

Рассчитать неопределенность σ значения \bar{D} , используя формулу:

$$\sigma = \frac{1}{m} \sqrt{\sum_{j=1}^m (\bar{D} - D_j)^2}$$

Действие 3

Зарегистрировать результат в соответствующей Карте в виде $\bar{D} \pm \sigma$.

| | | |
|--|---|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> <i>Специалистом по анализу проб</i> | ИНСТРУКЦИЯ Е2 | <i>Стр. 1 из 2</i> |
| | ОЦЕНКА ДАННЫХ О КОНЦЕНТРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ | |

Цель

Рассчитать значение наилучшей оценки концентрации радионуклида на основании ряда измеренных значений.

Обсуждение

В большинстве случаев для получения репрезентативных значений концентрации радионуклидов в окружающей среде проводится анализ нескольких проб.

Ряд независимо измеренных значений активности A_j ($j = 1, m$) имеет статистический смысл, если принято допущение о том, что активность A существенно не изменяется в течение времени проведения отбора проб. Частотное распределение ряда измеренных значений обычно имеет логнормальный характер, наилучшая оценка концентрации равна геометрической средней данного распределения.

Однако, принимая во внимание все возможные неопределенности, для репрезентативного значения может быть использовано и простое среднее арифметическое значение (См. Инструкцию Е1).

Действие 1

Рассчитать концентрацию радионуклида (C_j) для всех проб m , отобранных в одном и том же месте в течение короткого периода времени, используя следующие формулы.

Воздушные фильтры

$$C_j = \frac{A_j}{q \cdot V_j}$$

где

- C_j = концентрация радионуклида в j -ом фильтре [Бк/м³]
- A_j = активность на j -ом фильтре [Бк]
- V_j = отобранный объем воздуха [м³]
- q = эффективность фильтрования

Вода

$$C_j = \frac{A_j}{V_j}$$

где

- C_j = концентрация радионуклида в пробе воды [Бк/л]
- A_j = активность j -ой пробы воды [Бк]
- V_j = объем пробы воды [л]

Почва

$$C_j = \frac{A_j}{S_j}$$

где

C_j = концентрация радионуклида на поверхности [Бк/м²]

A_j = активность j -ой пробы почвы [Бк]

S_j = площадь отбора j -ой пробы почвы [м²]; т.е. площадь отборника, умноженная на количество отобранных проб

Другое

$$C_j = \frac{A_j}{Q_j}$$

где

C_j = концентрация радионуклида в пробе воды [Бк/единицу]

A_j = активность j -ой пробы воды [Бк]

Q_j = количество пробы [ед]

Действие 2

Определить значение наилучшей оценки (\bar{C}) концентрации для места отбора проб в данное время путем расчета геометрической средней ряда значений с помощью следующей формулы:

$$\bar{C} = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m C_j}$$

где

\bar{C} = значение наилучшей оценки концентрации радионуклида

m = количество проб

Действие 3

Рассчитать неопределенность σ значения \bar{C} , используя следующую формулу:

$$\sigma = \frac{1}{m} \sqrt{\sum_{j=1}^m (\bar{C} - C_j)^2}$$

Действие 4

Зарегистрировать результат в соответствующей Карте в виде $\bar{C} \pm \sigma$.

КАРТЫ

Предупреждение: карты в этом разделе должны быть пересмотрены в соответствии с условиями применения

| | | |
|--|--|------------------|
| <i>Заполнена: Группой реагирования</i> | КАРТА А0 | <i>No. _____</i> |
| | РЕГИСТРАЦИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРИБОРА | |

Проверил: _____
(ФИО)

Предоставить: Специалисту по мониторингу окружающей среды
/Специалисту-радиологу

Группа реагирования: _____
(№ или код Группы)

Тип прибора: _____ Модель: _____ Серийный No.: _____

Контрольный источник: _____
(Тип и код)

Проверка перед заданием

Дата: _____ Время: _____

Калибровочная бирка: Хорошо Истек срок – Консультация со
Специалистом по мониторингу окр. среды!

Прибор возвращен

Батарей: Хорошо

Слабые

Батарей заменены

Высоковольтное питание: Хорошо

Плохо

Установлено на правильное значение

Функция Хорошо

Плохо

“сброс на ноль”:

Функция “сброса на ноль” отрегулирована

Показания: Хорошо

Плохо

Приемлемо

Неприемлемо

ПРИМЕЧАНИЕ:

Проверка в конце задания

Дата: _____ Время: _____

Приемлемо

Неприемлемо

ПРИМЕЧАНИЯ:

Подпись: _____

| | | |
|--|---|----------|
| Заполнена: Группой разведки окружающей среды | КАРТА А1 | №. _____ |
| | РЕГИСТРАЦИЯ МОЩНОСТИ АМБИЕНТНОЙ ДОЗЫ | |

Выполнил: _____
(ФИО руководителя группы)

Предоставить: Специалисту по мониторингу окружающей среды /
Специалисту-радиологу

Группа разведки окружающей среды: _____ Дата: _____
(№ или код Группы)

Тип прибора: _____ Модель: _____ Серийный No.: _____

Тип навигационного прибора: _____ Модель: _____ Серийный No.: _____

| Место- положение | Широта | Долгота | Время | Мощность амбиентной дозы [μЗв/ч] | | | | Приме- чание |
|---------------------|--------|---------|-------|----------------------------------|---|-----------------|---|-----------------|
| | | | | На уровне пояса | | На уровне земли | | |
| | | | | β+γ | γ | β+γ | γ | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

β+γ = показания при открытом окне (ОО)

γ = показания при закрытом окне (ЗО)

Уровень пояса = примерно 1м над землей

Уровень земли = примерно 3 см над землей

Местоположение = описание места разведки, т.е. улица, город, дорога, хозяйство, сектор, расстояние, если это необходимо.

ОУЗ = облако на уровне земли

ОПЗ = облако поднято над землей

ОП = облако прошло – загрязнение земли

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: При работе с приборами, не калиброванными в системе СИ, использовать правильный пересчет: 1 Р/ч ≈ 10 мЗв/ч.

Практический совет: умножьте показание на 10 и уменьшите полученное значение в 1000 раз, например, 2.5 мР/ч = 25 μЗв/ч.

Подпись руководителя группы: _____

| | | |
|--|---|----------------|
| <i>Заполнена:</i> | КАРТА А2 | <i>№</i> _____ |
| <i>Группой разведки окружающей среды</i> | ПОЛЕВЫЕ ДАННЫЕ ТЛД ПО МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ | |

Выполнил: _____ Предоставить: Специалисту по мониторингу окружающей среды
/Специалисту-радиологу

(ФИО руководителя группы)

Группа разведки окружающей среды №: _____
(№ или код Группы)

Тип прибора: _____ Модель: _____ Серийный №: _____ Тип ТЛД: _____

| Место-положение | Ширина | Долгота | № ТЛД | Установка | | Мощность амбиентной дозы [μЗв/ч] | | Снятие | | Мощность амбиентной дозы [μЗв/ч] | | Примечание |
|-----------------|--------|---------|-------|-----------|-------|----------------------------------|-----|--------|-------|----------------------------------|-----|------------|
| | | | | Дата | Время | γ | β+γ | Дата | Время | γ | β+γ | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

Местоположение = код места или описание места разведки.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: При работе с приборами, не калиброванными в системе СИ, использовать правильный пересчет: 1 Р/ч ≈ 10 мЗв/ч.

Практический совет: умножьте показание на 10 и уменьшите полученное значение в 1000 раз, например, 2.5 мР/ч = 25 μЗв/ч.

Подпись руководителя группы: _____

| | | |
|--|---|----------|
| Заполнена: Группой разведки окружающей среды | КАРТА АЗ | №. _____ |
| | ДАнные МОНИТОРИНГА ИСТОЧНИКА | |

Выполнил: _____
(ФИО руководителя группы)

Предоставить: Специалисту по мониторингу окружающей среды
/Специалисту-радиологу

Группа разведки окружающей среды №: _____ Дата: _____
(№ или код Группы)

Мощность дозы гамма-излучения

Тип прибора: _____ Модель: _____ Серийный No.: _____

| Расстояние от источника[м] | Мощность дозы [мЗв/ч] | | Примечание |
|-------------------------------|--------------------------|----------------|------------|
| | γ | $\beta+\gamma$ | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Скорость счета альфа-, бета-излучения

Тип прибора: _____ Модель: _____ Серийный No.: _____

| Место- положение | Скорость счета [имп/сек] | | Примечание |
|---------------------|-----------------------------|----------------|------------|
| | α | $\beta+\gamma$ | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

$\beta+\gamma$ = показания при открытом окне

γ = показания при закрытом окне

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: Проводите измерения скорости счета альфа-, бета-, гамма-излучения близко к поверхности. При работе с приборами, не калиброванными в системе СИ, использовать правильный пересчет: 1 Р/ч \approx 10 мЗв/ч. Практический совет: умножьте показание на 10 и уменьшите полученное значение в 1000 раз, например, 2.5 мР/ч = 25 μ Зв/ч.

Подпись руководителя группы: _____

| | | |
|---|---|-----------|
| Заполнена: Группой разведки окружающей среды или Группой индивидуального мониторинга и дезактивации | КАРТА А4 | No. _____ |
| | ДАнные РАЗВЕДКИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ | |

Выполнил разведку: _____
(ФИО)

Предоставить: Специалисту по мониторингу окружающей среды
/Специалисту-радиологу

Группа №: _____ Дата/Время: _____/_____

Проведен мониторинг следующего предмета:

оборудование объект пространство другое

Уточнить: _____

(вид оборудования, объекта, пространства, идентификационный номер - при его наличии, местоположение пространства, и т.д.)

Использованный для мониторинга прибор :

Тип: _____ Модель: _____ Серийный No.: _____

| Местоположение | Первоначальная разведка | | После дезактивации | | Примечание |
|----------------|-------------------------|----------------|---------------------|----------------|------------|
| | Показания [имп/сек] | | Показания [имп/сек] | | |
| | α | $\beta+\gamma$ | α | $\beta+\gamma$ | |
| Фон | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Мазки

| Место отбора пробы | Площадь взятия мазка [см ²] | Дата/Время | Код мазка | Примечание |
|--------------------|--|------------|-----------|------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Примечание: Передать пробы мазков Специалисту по анализу проб.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: Для регистрации данных о транспортных средствах используйте Карту А4а

Приемлемо Не приемлемо – НЕОБХОДИМА дезактивация

Предмет конфискован ДА НЕТ Если ДА, указать ниже причину

Комментарии:

Подпись руководителя группы: _____

| | | |
|--|---|-----------|
| Заполнена: Группой разведки окружающей среды или Группой индивидуального мониторинга и дезактивации | КАРТА А4а | No. _____ |
| | ДАННЫЕ РАЗВЕДКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТРАНСПОРТА | |

Выполнил разведку: _____
(ФИО)

Предоставить: Специалисту по мониторингу окружающей среды
/Специалисту-радиологу

Группа №: _____ Местоположение мониторинга: _____

Номерной знак автотранспортного средства: _____ ФИО водителя: _____

Вид транспортного средства:

легковая машина грузовик фургон автобус другое: _____
(уточнить)

Использованный для мониторинга прибор :

Тип: _____ Модель: _____ Серийный No.: _____

Первоначальная разведка После дезактивации

Дата/Время: _____ / _____ / _____

| Зона проведения мониторинга | Показания [имп/сек] | | Показания [имп/сек] | |
|---|---------------------|------------|---------------------|------------|
| | <i>α</i> | <i>β+γ</i> | <i>α</i> | <i>β+γ</i> |
| Фон | | | | |
| А. Передний бампер | | | | |
| Б. Задний бампер | | | | |
| В. Справа. Передняя шина и брызговик с аркой колеса | | | | |
| Г. Справа. Задняя шина и брызговик с аркой колеса | | | | |
| Д. Слева. Передняя шина и брызговик с аркой колеса | | | | |
| Е. Слева. Задняя шина и брызговик с аркой колеса | | | | |
| Ж. Радиатор | | | | |
| З. Другие внешние части (указать) | | | | |
| а. | | | | |
| б. | | | | |
| в. | | | | |
| И. Воздушный фильтр | | | | |
| К. Внутренние части (указать) | | | | |
| а. | | | | |
| б. | | | | |
| в. | | | | |

Мазки

| Место отбора пробы | Площадь взятия мазка [см ²] | Дата/Время | Код мазка | Примечание |
|--------------------|---|------------|-----------|------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Примечание: Передать пробы мазков Специалисту по анализу проб.

Транспорт конфискован ДА НЕТ Если ДА, указать ниже причину

Комментарии:

Подпись руководителя группы: _____

| | | |
|---|--|-----------|
| Заполнена: Членом полевой группы или Группой индивидуального мониторинга и дезактивации | КАРТА А5 | No. _____ |
| | РЕГИСТРАЦИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ДОЗИМЕТРИИ | |

Подготовил: _____ Дата: _____
(ФИО)

Предоставить: Ответственному за аварийное реагирование Время: _____

Член группы: _____ № полевой группы: _____
(ФИО)

Индивидуальный №: _____

№ ТЛД или пленочного дозиметра: _____
(НЕ читаемый в полевых условиях)

При использовании прямопоказывающего индивидуального дозиметра

Тип дозиметра: _____ Модель: _____ Серийный No.: _____

| Дата показаний | Время показаний | ПОКАЗАНИЯ [мЗв] | Местоположение во время показаний |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

При использовании дозиметра мощности дозы гамма-излучения

Тип прибора: _____ Модель: _____ Серийный No.: _____

| Местоположение | Мощность дозы [мЗв/ч] | Проведенное время [мин] | Оцененная кумулятивная доза [мЗв] |
|----------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Регистрация использования стабильного йода

| Дата | Время | Доза | Примечание | Инициалы |
|------|-------|------|------------|----------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Подпись: _____

| | | |
|---|---|----------|
| Заполнена: Группой индивидуального мониторинга и дезактивации | КАРТА А6 | №. _____ |
| | РЕГИСТРАЦИЯ КОНТРОЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ | |

Выполнил разведку: _____ Дата: _____
(ФИО)

Предоставить: Ответственному за аварийное реагирование Время: _____

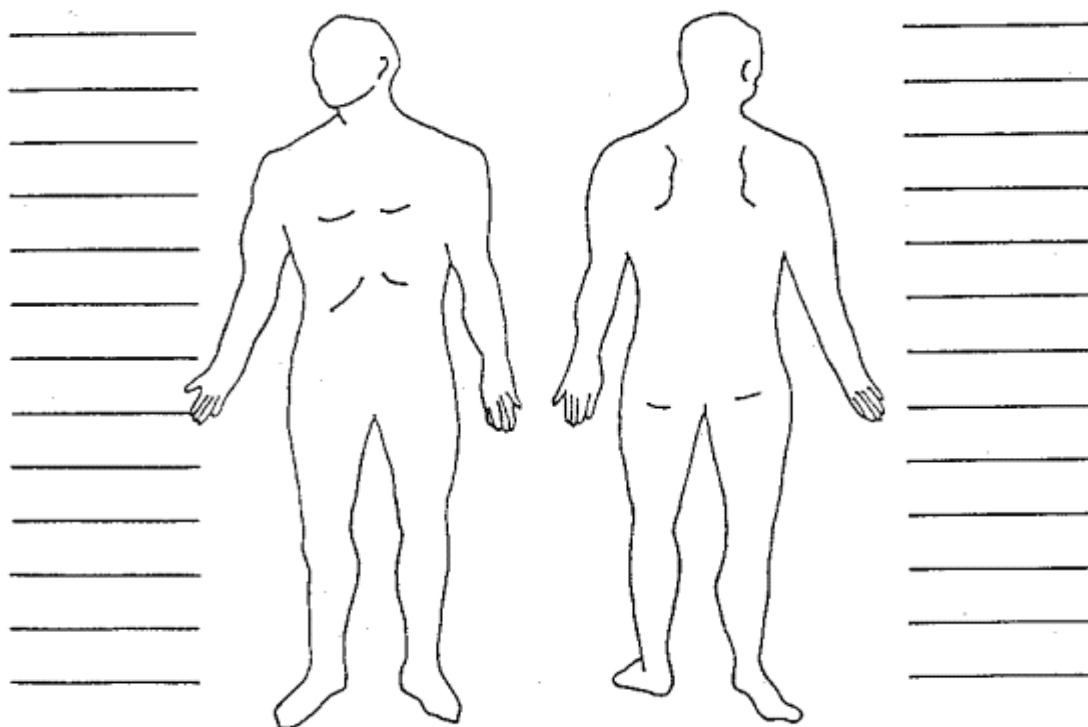
Имя субъекта: _____ Справочный №: _____

Адрес: _____

Пол: М Ж Аварийный рабочий Эвакуированный
 Население

Разведка загрязнения

Тип прибора: _____ Модель: _____ Серийный No.: _____
Фоновое показание: _____ Активная поверхность детектора: _____ [см²]



Примечание: Напишите показания, используя линии диаграммы. Стрелками укажите места, где были получены показания. Записывайте только показания, превышающие фоновые.

Необходима дезактивация: Да Нет

Результаты измерения над щитовидной железой: _____ []
(скорость чистого счета) (Единицы)

Необходима дальнейшая оценка состояния здоровья в медицинском учреждении:

Да Нет

Подпись проводившего разведку: _____

| | | |
|---|--|----------|
| Заполнена: Группой индивидуального мониторинга и дезактивации | КАРТА А7 | №. _____ |
| | РЕГИСТРАЦИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ДЕЗАКТИВАЦИИ | |

Выполнил: _____
(ФИО)

Предоставить: Ответственному за аварийное реагирование

Имя субъекта: _____ Справочный №: _____

Адрес: _____

Дата рождения: _____ Пол: М Ж

Наличие повреждения: Да Нет Уточнить: _____

Оказана медицинская помощь: Да Нет Уточнить: _____

Дата/Время начала дезактивации: _____

Фоновое показание: _____ [имп/сек]

| Расположение загрязнения на теле | Начальный уровень загрязнения [имп/сек] | Использованный способ дезактивации и материалы для ее проведения | Окончательные показания [имп/сек] |
|-------------------------------------|--|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Дата/Время завершения дезактивации: _____

Примечания: _____

Личные вещи не возвращены: _____

Дезактивационные мероприятия провел: _____
(Подпись)

Индивидуальные мероприятия провел: _____
(Подпись субъекта)

| | | |
|---|--|------------------|
| <i>Заполнена:</i> <i>Группой разведки</i> <i>окружающей среды</i> | КАРТА А8 | <i>No.</i> _____ |
| | РЕЗУЛЬТАТЫ ВОЗДУШНОЙ РАЗВЕДКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ | |

Выполнил разведку: _____
(ФИО руководителя группы)

Предоставить: Специалисту по мониторингу окружающей среды
/Специалисту-радиологу

Группа разведки окружающей среды №: _____ Дата: _____

Члены экипажа: Пилот: _____
(ФИО)

Второй пилот: _____
(ФИО)

Техник: _____
(ФИО)

Обследованный сектор: Код (решетка) №: _____ Площадь: _____ [км²]

Параметры полета:

Средняя высота: _____ [м] Скорость полета: _____ [км/ч]

Промежутки между линиями: _____ [м] Количество линий полета: _____

Протяженность линий полета: _____ [км]

Погодные условия: _____
(Описать)

Система мониторинга с воздуха:

Тип: _____ Модель: _____ Серийный No.: _____

Тип детектора: _____

| | | | |
|----------------------|----------|------------------|-------------|
| Файлы данных (коды): | Спектры: | Данные о высоте: | Данные GPS: |
|----------------------|----------|------------------|-------------|

Суммарные результаты для обследованной территории

| Радионуклид маркер | Поверхностная концентрация [кБк/м ²] | | | Примечание |
|-----------------------|--|---------|---------|------------|
| | Максимум | Среднее | Минимум | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Примечание: Для каждого радионуклида готовится карта выпадений.

Подпись: _____

| | | |
|---|--|------------------|
| <i>Заполнена:</i> <i>Группой разведки окружающей среды</i> | КАРТА А9 | <i>No. _____</i> |
| | РЕЗУЛЬТАТЫ ВОЗДУШНОЙ РАЗВЕДКИ МОНИТОРИНГА ИСТОЧНИКА | |

Выполнил разведку: _____
(ФИО руководителя группы)

Предоставить: Специалисту по мониторингу окружающей среды
/Специалисту-радиологу

Группа разведки окружающей среды №: _____ Дата: _____

Члены экипажа: Пилот: _____
(ФИО)

Второй пилот: _____
(ФИО)

Техник: _____
(ФИО)

Обследованный сектор: Код (решетка) №: _____ Площадь: _____ [км²]

Параметры полета:

Средняя высота: _____ [м] Скорость полета: _____ [км/ч]

Промежутки между линиями: _____ [м] Количество линий полета: _____

Протяженность линий полета: _____ [км]

Погодные условия: _____
(Описать)

Система мониторинга с воздуха:

Тип: _____ Модель: _____ Серийный No.: _____

Тип детектора: _____

| | | | |
|----------------------|----------|------------------|-------------|
| Файлы данных (коды): | Спектры: | Данные о высоте: | Данные GPS: |
|----------------------|----------|------------------|-------------|

Суммарные результаты для обследованной территории

| Источ ник | Расположение | | Время обнаружения | Радионуклид | Максимальная скорость счета или мощность дозы | Активность [МБк] |
|--------------|--------------|---------|----------------------|-------------|---|---------------------|
| | Широта | долгота | | | | |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |

Примечание:

Подпись: _____

| | | |
|--|--|----------|
| Заполнена: Группой отбора проб воздуха | КАРТА Б1 | №. _____ |
| | РЕГИСТРАЦИЯ ОТБОРА ПРОБ ВОЗДУХА | |

Подготовил: _____ Дата: _____
(ФИО)

Предоставить: Специалисту по анализу проб Время: _____

Отбор проб провел: _____
(ФИО)

Дата отбора проб: _____

Местоположение отбора проб: _____ GPS: Шир. _____ Долг. _____
(код на карте)

Тип фильтра: _____

| |
|--|
| Время начала: _____ |
| Начальный объем/скорость потока: _____ [л] / [л/мин] |

| |
|---|
| Время окончания: _____ |
| Конечный объем/скорость потока: _____ [л] / [л/мин] |

| |
|------------------|
| Код пробы: _____ |
|------------------|

Средняя мощность дозы во время отбора пробы [$\mu\text{Зв/ч}$]:

| На уровне пояса | | На уровне земли | |
|-----------------|----------|-----------------|----------|
| $\beta+\gamma$ | γ | $\beta+\gamma$ | γ |
| | | | |

Тип дозиметра мощности дозы: _____ Модель: _____ Сер. №: _____

Измерения фильтра in-situ:

Фоновые показания [имп/сек]: _____ Показания фильтра [имп/сек]: _____

Тип радиометра загрязнения: _____ Модель: _____ Сер. №: _____

ПРИМЕЧАНИЯ:

Подпись: _____

| | | |
|--|--------------------------------------|-----------|
| Заполнена: Группой отбора проб окружающей среды и пищевых продуктов | КАРТА Б2 | No. _____ |
| | РЕГИСТРАЦИЯ ОТБОРА ПРОБ ПОЧВЫ | |

Подготовил: _____ Дата: _____
(ФИО)

Предоставить: Специалисту по анализу проб Время: _____

Отбор проб провел: _____
(ФИО)

Дата отбора проб: _____ Время отбора проб: _____

Местоположение отбора проб: _____ GPS: Шир. _____ Долг. _____
(код на карте)

Площадь отбора пробы: _____ [см] на _____ [см] глубина: _____ [см]

Тип почвы: песчаная луговая лесная горная торфяная и болотистая

Код пробы почвы: _____

Растения собраны: ДА НЕТ

Тип растений: _____

Площадь сбора растений: _____ [см] на _____ [см]

Код пробы растений: _____

Средняя мощность дозы во время отбора проб [$\mu\text{Зв/ч}$]:

| На уровне пояса | | На уровне земли | |
|-----------------|----------|-----------------|----------|
| $\beta+\gamma$ | γ | $\beta+\gamma$ | γ |
| | | | |

Тип прибора: _____ Модель: _____ Серийный No.: _____

ПРИМЕЧАНИЯ:

Подпись: _____

| | | |
|--|-------------------------------------|------------------|
| <i>Заполнена:</i> <i>Группой отбора проб окружающей среды и пищевых продуктов</i> | КАРТА БЗ | <i>No.</i> _____ |
| | РЕГИСТРАЦИЯ ОТБОРА ПРОБ ВОДЫ | |

Подготовил: _____ Дата: _____
(ФИО)

Предоставить: Специалисту по анализу проб Время: _____

Отбор проб провел: _____
(ФИО)

Дата отбора проб: _____ Время отбора проб: _____

Местоположение отбора проб: _____ GPS: Шир. _____ Долг. _____
(код на карте)

| | |
|---|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> <i>Колодец</i> | Общий объем пробы: _____ [л] |
|---|------------------------------|

| | |
|--|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> <i>Поверхностная вода</i> | Общий объем пробы: _____ [л] |
| <input type="checkbox"/> Река <input type="checkbox"/> Озеро <input type="checkbox"/> Ручей <input type="checkbox"/> Другое: _____ | (Описать) |
| Название водоема: _____ | |

| | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> <i>Выпадения</i> | Начало сбора дата/время: _____ Мощность амбиентной дозы: _____ [μЗв/ч] |
| | Окончание сбора дата/время: _____ Мощность амбиентной дозы: _____ [μЗв/ч] |
| Общий объем выпадений: _____ [л] Площадь сбора: _____ [м ²] | |

| | |
|---|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> <i>Питьевая вода</i> | Общий объем пробы: _____ [л] |
| Адрес отбора пробы: _____ | |

| |
|------------------|
| Код пробы: _____ |
|------------------|

Средняя мощность дозы во время отбора проб: _____ [μЗв/ч]
(β+γ на уровне пояса)

Тип прибора: _____ Модель: _____ Серийный No.: _____

ПРИМЕЧАНИЯ:

Подпись: _____

| | | |
|--|---------------------------------------|----------|
| Заполнена: Группой отбора проб окружающей среды и пищевых продуктов | КАРТА Б4 | №. _____ |
| | РЕГИСТРАЦИЯ ОТБОРА ПРОБ МОЛОКА | |

Подготовил: _____
(ФИО)

Дата: _____

Предоставить: Специалисту по анализу проб

Время: _____

Отбор проб провел: _____
(ФИО)

Дата отбора проб: _____

Время отбора проб: _____

Местоположение отбора проб: _____
(Название и адрес молочной фермы)

GPS: Широта _____ Долгота _____

Коровье молоко

Козье молоко

Дата дойки: _____ Время: _____

Объем молока, который представляет проба: _____ [л]

Тип корма:

Пастбище

Заготовленный корм

Другое: _____
(Описать)

Местоположение пастбища: _____

GPS: Широта _____ Долгота _____

Код пробы: _____

ПРИМЕЧАНИЯ:

Подпись: _____

| | | |
|--|--|-----------|
| Заполнена: Группой отбора проб окружающей среды и пищевых продуктов | КАРТА Б5 | No. _____ |
| | РЕГИСТРАЦИЯ ОТБОРА ПРОБ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ | |

Подготовил: _____
(ФИО)

Дата: _____

Предоставить: Специалисту по анализу проб

Время: _____

Отбор проб провел: _____
(ФИО)

Дата отбора проб: _____

Время отбора проб: _____

Местоположение отбора проб: _____
(Название и адрес фермы, магазина и т.д.)

GPS: Широта _____ Долгота _____

Вид пробы: _____

Площадь отбора пробы: _____ [см] на _____ [см]

Код пробы: _____

Средняя мощность дозы во время отбора проб [$\mu\text{Зв/ч}$]:

| На уровне пояса | | На уровне земли | |
|-----------------|----------|-----------------|----------|
| $\beta+\gamma$ | γ | $\beta+\gamma$ | γ |
| | | | |

Тип прибора: _____ Модель: _____ Серийный No.: _____

ПРИМЕЧАНИЯ:

Подпись: _____

| | | |
|--|---------------------------------------|-----------|
| Заполнена: Группой отбора проб окружающей среды и пищевых продуктов | КАРТА Б6 | No. _____ |
| | РЕГИСТРАЦИЯ ОТБОРА ПРОБ КОРМОВ | |

Подготовил: _____ Дата: _____
(ФИО)

Предоставить: Специалисту по анализу проб Время: _____

Отбор проб провел: _____
(ФИО)

Дата отбора проб: _____ Время отбора проб: _____

Местоположение отбора проб: _____
(Название и адрес фермы, магазина и т.д.)

GPS: Широта _____ Долгота _____

Вид пробы: _____

Площадь отбора пробы: _____ [см] на _____ [см]

Код пробы: _____

Средняя мощность дозы во время отбора проб [$\mu\text{Зв/ч}$]:

| На уровне пояса | | На уровне земли | |
|-----------------|----------|-----------------|----------|
| $\beta+\gamma$ | γ | $\beta+\gamma$ | γ |
| | | | |

Тип прибора: _____ Модель: _____ Серийный No.: _____

ПРИМЕЧАНИЯ:

Подпись: _____

| | | |
|--|--|------------------|
| <i>Заполнена:</i> <i>Группой отбора проб окружающей среды и пищевых продуктов</i> | КАРТА Б7 | <i>No.</i> _____ |
| | РЕГИСТРАЦИЯ ОТБОРА ПРОБ ОТЛОЖЕНИЙ | |

Подготовил: _____
(ФИО)

Дата: _____

Предоставить: Специалисту по анализу проб

Время: _____

Отбор проб провел: _____
(ФИО)

Дата отбора проб: _____

Время отбора проб: _____

Местоположение отбора проб: _____ GPS: Шир. _____ Долг. _____
(Код на карте)

Метод отбора проб _____

Размер пробы: _____

Река Озеро Ручей Другое: _____
(Описать)

Название водоема: _____

| |
|------------------|
| Код пробы: _____ |
|------------------|

ПРИМЕЧАНИЯ:

Подпись: _____

| | | |
|--|---|-----------|
| Заполнена: Группой изотопного анализа | КАРТА В1 | No. _____ |
| | РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ АЛЬФА/БЕТА В ВОЗДУХЕ И ВОДЕ | |

Подготовил: _____
(ФИО)

Дата: _____

Предоставить: Специалисту по анализу проб

Время: _____

Пропорциональный альфа-/бета- счетчик

Тип прибора: _____ Модель: _____ Серийный No.: _____

Калибровку провел: _____ Дата: _____
(ФИО)

Использованный альфа- стандарт: _____

Использованный бета- стандарт: _____

Скорость счета альфа- стандарта: _____ [имп/сек]

Эффективность для альфа-: _____

Скорость счета бета- стандарта: _____ [имп/сек]

Эффективность для бета-: _____

Скорость фонового счета: _____ [имп/сек]

Подготовка пробы

Пробу приготовил: _____ Дата: _____
(ФИО)

Анализ

Измерения и оценку провел: _____ Дата: _____
(ФИО)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ

| Идентификационный код пробы | Объем пробы [м ³] | Концентрация АЛЬФА излучателей [Бк/м ³] | Концентрация БЕТА излучателей [Бк/м ³] | МДА [Бк/м ³] |
|-----------------------------|-------------------------------|---|--|--------------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

СНОСКА: Результаты должны быть представлены в форме: $C_G \pm \sigma$

ПРИМЕЧАНИЯ:

Подпись: _____

| | | |
|--|--|-----------|
| Заполнена: Группой гамма- спектрометрии in-situ | КАРТА Г1 | No. _____ |
| | РЕЗУЛЬТАТЫ ГАММА- СПЕКТРОМЕТРИИ IN-SITU | |

Подготовил: _____ Дата: _____
(ФИО)

Предоставить: Специалисту по мониторингу окружающей среды
/Специалисту-радиологу
Время: _____

Измерил: _____
(ФИО)

Дата: _____ Время: _____

Местоположение: _____
(код на карте)

GPS: Широта _____ Долгота _____

Тип детектора: _____ Время счета: _____

Условия окружающей среды: _____
(Тип местности, температура, дождь и т.д.)

Средняя амбиентная доза во время измерений: _____ [μЗв/ч]
(β+γ на уровне пояса)

Тип прибора: _____ Модель: _____ Серийный No.: _____

Код спектра (имя файла): _____

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ

| Радионуклид | Энергия [кэВ] | Концентрация [кБк/м ²] | Мощность дозы [нГр/ч] |
|-------------|---------------|------------------------------------|-----------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Примечание: Результаты измерения концентрации должны быть представлены в виде: $C \pm \sigma$

Подпись: _____

| | | |
|---|---------------------------------------|------------------|
| <i>Заполнена:</i> <i>Группой гамма-спектрометрии in-situ</i> | КАРТА Г2 | <i>No.</i> _____ |
| | РЕЗУЛЬТАТЫ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИИ | |

Подготовил: _____ Дата: _____
(ФИО)

Предоставить: Специалисту по анализу проб Время: _____

Подготовка пробы

Вид пробы: _____ Код пробы: _____ Размер пробы: _____
(Общее количество отобранной пробы)

Пробу подготовил: _____ Лаборатория: _____
(ФИО) (Название лаборатории)

Детали подготовки: _____
(Сушка, размалывание, выпаривание и т.д.)

Размер подготовленной пробы: _____ Геометрия пробы: _____
(Подготовленной для счета)

Анализ

Измерил: _____
(ФИО)

Дата измерения: _____ Время: _____ Референсная дата: _____
Время: _____

Код спектра (имя файла): _____

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ

| Радионуклид | Активность [кБк] | Концентрация [кБк/] |
|-------------|---------------------|-------------------------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

СНОСКА: Результаты должны быть представлены в виде: $A \pm \sigma$ или $C \pm \sigma$

ПРИМЕЧАНИЯ:

Подпись: _____

| | | |
|--|----------------------------------|------------------|
| <i>Заполнена:</i> <i>Группой изотопного анализа</i> | КАРТА Д1 | <i>No.</i> _____ |
| | РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ТРИТИЯ | |

Подготовил: _____ Дата: _____
(ФИО)

Предоставить: Специалисту по анализу проб Время: _____

Жидкостной сцинтилляционный счетчик

Тип прибора: _____ Модель: _____ Серийный No.: _____

Калибровку провел: _____ Дата: _____
(ФИО)

Эффективность счета жидкостного сцинтилляционного счетчика для ^3H : _____

Ширина счетного окна: _____ Значение качества: _____ Дата: _____

Скорость фонового счета: _____ [имп/сек] Дата: _____

Подготовка пробы

Пробу подготовил: _____ Дата: _____
(ФИО)

Анализ

Измерение и оценку провел: _____ Дата: _____
(ФИО)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ

| Идентификационный код пробы | Концентрация трития [кБк/л] | Примечания |
|-----------------------------|-----------------------------|------------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Подпись: _____

| | | |
|--|------------------------------------|-----------|
| Заполнена: Группой изотопного анализа | КАРТА Д2 | No. _____ |
| | РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА СТРОНЦИЯ | |

Подготовил: _____ Дата: _____
(ФИО)

Предоставить: Специалисту по анализу проб Время: _____

Жидкостной сцинтилляционный счетчик

Тип прибора: _____ Модель: _____ Серийный No.: _____

Калибровку провел: _____ Дата: _____
(ФИО)

Эффективность счета для ^{89}Sr : _____

Эффективность счета для ^{90}Sr : _____

Эффективность счета для ^{90}Y : _____

Скорость фонового счета: _____ [имп/сек] Дата: _____

Подготовка пробы

Пробу подготовил: _____ Дата: _____
(ФИО)

Анализ

Измерение и оценку провел: _____ Дата: _____
(ФИО)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ

| Идентификационный код пробы | Вид пробы | Концентрация стронция [Бк/] | | Имя файла |
|-----------------------------|-----------|------------------------------|------------------|-----------|
| | | ^{89}Sr | ^{90}Sr | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

ПРИМЕЧАНИЯ

Подпись: _____

| | | |
|--|---------------------------------------|----------|
| Заполнена: Группой изотопного анализа | КАРТА ДЗ | №. _____ |
| | РЕЗУЛЬТАТЫ АЛЬФА-СПЕКТРОМЕТРИИ | |

Подготовил: _____ Дата: _____
(ФИО)

Предоставить: Специалисту по анализу проб Время: _____

Альфа-спектрометр

Тип прибора: _____ Модель: _____ Серийный No.: _____

Энергетическую калибровку выполнил: _____
(ФИО)

Дата: _____

Подготовка пробы

Вид пробы: _____ Код пробы: _____ Размер пробы: _____
(Общее количество отобранной пробы)

Пробу подготовил: _____ Дата: _____
(ФИО)

Пиковый радионуклид: _____ Используемая активность: _____ [Бк]

Анализ

Измерение и оценку провел: _____ Дата: _____
(ФИО)

Код спектра (имя файла): _____

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ

| Радионуклид | Активность [Бк] | Концентрация [Бк/] |
|-------------------------------------|-----------------|---------------------|
| $^{239}\text{Pu} / ^{240}\text{Pu}$ | | |
| ^{241}Pu | | |
| ^{241}Am | | |
| ^{242}Cm | | |
| ^{244}Cm | | |

СНОСКА: Результаты должны быть представлены в виде: $A \pm \sigma$ или $C \pm \sigma$

ПРИМЕЧАНИЯ:

Подпись: _____

КОНТРОЛЬНЫЕ ПЕРЕЧНИ ОБОРУДОВАНИЯ

Предупреждение: контрольные перечни оборудования в этом разделе должны быть пересмотрены в соответствии с используемыми приборами

| | | |
|--|--|-------------|
| Заполнен: Соответствующей группой реагирования | КОНТРОЛЬНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ А0 | Стр. 1 из 1 |
| | ОБОРУДОВАНИЕ ОБЩЕЕ ДЛЯ ВСЕХ ГРУПП | |

Проверил: _____
(ФИО)

Дата: _____

Группа: _____
(№ или код Группы)

Время: _____

| Предмет | Количество | ДА | ИЕЛ | Примечание |
|--|------------|----|-----|------------|
| <i>Приборы радиационной разведки</i> | | | | |
| Низкоуровневый прибор гамма-разведки | | | | |
| Радиометр или датчик альфа-/ бета- загрязнения | | | | |
| Контрольный источник для радиометра загрязнения | | | | |
| <i>Приборы индивидуальной защиты</i> | | | | |
| Прямопоказывающие дозиметры для каждого члена группы | | | | |
| Дозиметры-накопители для каждого члена группы | | | | |
| Защитная одежда – 3 комплекта на члена группы | | | | |
| Защитная обувь – 3 комплекта на члена группы | | | | |
| Перчатки из винила и плотной хлопчатобумажной ткани | | | | |
| Препарат блокирования щитовидной железы – запас на 3 дня | | | | |
| Набор первой помощи | | | | |
| <i>Приборы общего назначения</i> | | | | |
| Портативная радиосвязь | | | | |
| Сотовый телефон | | | | |
| Опознавательная эмблема для каждого члена группы | | | | |
| Фонари (карманные электрические фонари) для каждого члена группы | | | | |
| Запасные батареи (для приборов и фонариков) | | | | |
| Компас или GPS | | | | |
| Бинокль 10х | | | | |
| Пластиковые пленки и пакеты | | | | |
| Бумажные салфетки | | | | |
| Карты разведки | | | | |
| Пластиковая лента и предостерегающие знаки | | | | |
| Карта А0 | | | | |
| <i>Административные принадлежности</i> | | | | |
| Руководства по эксплуатации приборов | | | | |
| Руководства по процедурам действий | | | | |
| Писчие принадлежности | | | | |
| Несмываемые ручки | | | | |
| Журнал | | | | |

ПРИМЕЧАНИЕ:

Подпись: _____

| | | |
|--|--|--------------------|
| <i>Заполнен:</i> <i>Группой разведки окружающей среды</i> | КОНТРОЛЬНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ А1 | <i>Стр. 1 из 1</i> |
| | ОБОРУДОВАНИЕ ГРУППЫ РАЗВЕДКИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ | |

Проверил: _____
(ФИО)

Дата: _____

Группа: _____
(№ или код Группы)

Время: _____

Контрольный перечень приборов А0: Проверен

| Предмет | Количество | ДА | ИЕЛ | Примечание |
|---|------------|----|-----|------------|
| <i>Приборы радиационной разведки</i> | | | | |
| Прибор гамма-разведки среднего диапазона | | | | |
| Высокоуровневый прибор гамма-разведки | | | | |
| Гамма-детектор с телескопическим удлинителем | | | | |
| Дозиметр мощности дозы нейтронного излучения | | | | |
| <i>Дополнительные приборы индивидуальной защиты</i> | | | | |
| Респираторы | | | | |
| Фильтрующий противогаз | | | | |
| <i>Дополнительные принадлежности</i> | | | | |
| Знаки и этикетки радиационной опасности | | | | |
| Измерительная рулетка (50 м) | | | | |
| Часы с секундной стрелкой | | | | |
| Карта А1 | | | | |
| Карта А2 | | | | |
| Карта А3 | | | | |
| Карта А4 | | | | |
| Карта А8 | | | | |
| Карта А9 | | | | |
| <i>Документация поддержки</i> | | | | |
| Руководства по эксплуатации приборов | | | | |
| Руководства по процедурам действий | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

ПРИМЕЧАНИЕ:

Подпись: _____

| | | |
|---|---|--------------------|
| <i>Заполнен:</i> <i>Группой индивидуального мониторинга и дезактивации</i> | КОНТРОЛЬНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ А2 | <i>Стр. 1 из 1</i> |
| | ОБОРУДОВАНИЕ ГРУППЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА И ДЕЗАКТИВАЦИИ | |

Проверил: _____
(ФИО)

Дата: _____

Группа: _____
(№ или код Группы)

Время: _____

Контрольный перечень приборов А0: Проверен

| Предмет | Количество | ДА | ИЕГ | Примечание |
|---|------------|----|-----|------------|
| <i>Приборы радиационной разведки</i> | | | | |
| Радиометры альфа-/бета- загрязнения | | | | |
| Радиометр загрязнения с детектором NaI | | | | |
| <i>Дополнительные приборы индивидуальной защиты</i> | | | | |
| Респираторы | | | | |
| Фильтрующий противогаз | | | | |
| <i>Дополнительные принадлежности</i> | | | | |
| Пластиковые чехлы | | | | |
| Полотенца | | | | |
| Мыло, моющие средства | | | | |
| Щетка | | | | |
| Мешки для отходов | | | | |
| Предупреждающие знаки и этикетки | | | | |
| Ярлыки для загрязненного оборудования | | | | |
| Источник питания | | | | |
| Карта А4 | | | | |
| Карта А5 | | | | |
| Инструкции для загрязненных радионуклидами людей | | | | |
| <i>Оборудование для проведения дезактивации</i> | | | | |
| Руководства по эксплуатации приборов | | | | |
| Руководства по процедурам действий | | | | |
| Резервуар с водой | | | | |
| Душевая система | | | | |
| Пылесос сухой-влажной обработки | | | | |

ПРИМЕЧАНИЕ:

Подпись: _____

| | | |
|--|--|--------------------|
| <i>Заполнен:</i> <i>Группой разведки окружающей среды</i> | КОНТРОЛЬНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ АЗ | <i>Стр. 1 из 1</i> |
| | ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РАЗВЕДКИ С ВОЗДУХА | |

Проверил: _____
(ФИО)

Дата: _____

Группа: _____
(№ или код Группы)

Время: _____

Контрольный перечень приборов А0: Проверен

| Предмет | Количество | ДА | ИЕГ | Примечание |
|---|------------|----|-----|------------|
| <i>Приборы разведки</i> | | | | |
| Дозиметр мощности дозы | | | | |
| Детектор | | | | |
| Многоканальный анализатор | | | | |
| Соответствующая компьютерная программа | | | | |
| Электроника | | | | |
| Спутниковая система определения координат (GPS) | | | | |
| Система регистрации данных | | | | |
| Система передачи данных | | | | |
| Набор кабелей | | | | |
| <i>Дополнительные приборы индивидуальной защиты</i> | | | | |
| Фильтрующий противогаз | | | | |
| <i>Дополнительные принадлежности</i> | | | | |
| Набор контрольных источников | | | | |
| Жидкий азот | | | | |
| Общие карты местности | | | | |
| Карты большого масштаба | | | | |
| Оцифрованные карты | | | | |
| Карта А8 | | | | |
| Карта А9 | | | | |
| <i>Документация поддержки</i> | | | | |
| Руководства с инструкциями | | | | |
| Процедуры | | | | |
| Таблицы с коэффициентами перехода (твердая копия) | | | | |
| Библиотека радионуклидов (твердая копия) | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

ПРИМЕЧАНИЕ:

Подпись: _____

| | | |
|------------------------------------|--|--------------------|
| <i>Заполнен:</i> | КОНТРОЛЬНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ Б1 | <i>Стр. 1 из 1</i> |
| <i>Группой отбора проб воздуха</i> | ОБОРУДОВАНИЕ ГРУППЫ ОТБОРА ПРОБ ВОЗДУХА | |

Проверил: _____
(ФИО)

Дата: _____

Группа: _____
(№ или код Группы)

Время: _____

Контрольный перечень приборов А0: Проверен

| Предмет | Количество | ДА | ИЕГ | Примечание |
|---|-------------------|-----------|------------|-------------------|
| <i>Оборудование для отбора проб</i> | | | | |
| Портативный воздухозаборник, малый объем – 12 В | | | | |
| Портативный воздухозаборник – работающий от сети/генератора | | | | |
| Фильтры для аэрозолей | | | | |
| Угольные (или цеолитовые) кассеты | | | | |
| Штатив | | | | |
| <i>Дополнительные приборы индивидуальной защиты</i> | | | | |
| Респиратор | | | | |
| Фильтрующий противогаз | | | | |
| <i>Дополнительные принадлежности</i> | | | | |
| Секундомер | | | | |
| Пинцеты | | | | |
| Источник питания | | | | |
| Карта Б1 | 10 | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| <i>Документация поддержки</i> | | | | |
| Руководства по эксплуатации приборов | | | | |
| Руководства по процедурам действий | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

ПРИМЕЧАНИЕ:

Подпись: _____

| | | |
|---|---|--------------------|
| <i>Заполнен:</i> <i>Группой отбора проб окружающей среды и пищевых продуктов</i> | КОНТРОЛЬНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ Б2 | <i>Стр. 1 из 1</i> |
| | ОБОРУДОВАНИЕ ГРУППЫ ОТБОРА ПРОБ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ | |

Проверил: _____
(ФИО)

Дата: _____

Группа: _____
(№ или код Группы)

Время: _____

Контрольный перечень приборов А0: Проверен

| Предмет | Количество | ДА | ИЕЛ | Примечание |
|---|------------|----|-----|------------|
| <i>Оборудование для отбора проб</i> | | | | |
| Лопата (небольшая) | | | | |
| Совок | | | | |
| Веревка | | | | |
| Воронка | | | | |
| Ножницы из нержавеющей стали | | | | |
| Приспособление для отбора проб почвы | | | | |
| Ножи и ложки | | | | |
| Измерительная рулетка | | | | |
| <i>Дополнительные приборы индивидуальной защиты</i> | | | | |
| Респиратор | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| <i>Дополнительные принадлежности</i> | | | | |
| Пластиковые пакеты | | | | |
| Этикетки на пробы | | | | |
| Консерванты | | | | |
| Пластиковые контейнеры для воды и молока | | | | |
| Вода для мойки оборудования | | | | |
| Карта Б2 | | | | |
| Карта Б3 | | | | |
| Карта Б4 | | | | |
| Карта Б5 | | | | |
| Карта Б6 | | | | |
| Карта Б7 | | | | |
| | | | | |
| <i>Документация поддержки</i> | | | | |
| Руководства по эксплуатации приборов | | | | |
| Руководства по процедурам действий | | | | |
| | | | | |

ПРИМЕЧАНИЕ:

Подпись: _____

| | | |
|--|--|--------------------|
| <i>Заполнен:</i> | КОНТРОЛЬНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ Г1 | <i>Стр. 1 из 1</i> |
| <i>Группой гамма-спектрометрии in-situ</i> | ОБОРУДОВАНИЕ ГРУППЫ СПЕКТРОМЕТРИИ IN-SITU | |

Проверил: _____
(ФИО)

Дата: _____

Группа: _____
(№ или код Группы)

Время: _____

Контрольный перечень приборов А0: Проверен

| Предмет | Количество | ДА | ИЕГ | Примечание |
|---|------------|----|-----|------------|
| <i>Оснащение инструментами</i> | | | | |
| Детектор | | | | |
| Блок высоковольтного питания, усилитель и т.д. | | | | |
| Многоканальный анализатор | | | | |
| PC Notebook | | | | |
| Соответствующая компьютерная программа для оценки | | | | |
| Базы данных (библиотеки радионуклидов, коэффициенты перехода) | | | | |
| <i>Дополнительные приборы индивидуальной защиты</i> | | | | |
| | | | | |
| <i>Дополнительные принадлежности</i> | | | | |
| Подставка для детектора (штатив) | | | | |
| Референсный набор точечных источников | | | | |
| Запасные батарейки | | | | |
| Жидкий азот | | | | |
| Набор запасных кабелей | | | | |
| Универсальный тестер | | | | |
| <i>Документация поддержки</i> | | | | |
| Руководства по эксплуатации приборов | | | | |
| Руководства по процедурам действий | | | | |
| Таблицы с коэффициентами перехода (твердая копия) | | | | |
| Библиотека радионуклидов (твердая копия) | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

ПРИМЕЧАНИЕ:

Подпись: _____

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ I ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ГРУППЫ МОНИТОРИНГА

В Таблице II представлены предлагаемые группы мониторинга, их минимальный состав и необходимое обучение. Одна конкретная группа на практике может выполнять одну или более обязанностей из описанных в Таблице II, что предпочтительнее, чем использовать отдельную группу для выполнения каждой функции. В действительности “группа” может состоять из нескольких организаций, а также “группы” могут перекрывать друг друга. Количество групп мониторинга будет определено в соответствии с масштабом аварии и может варьировать от одной до значительного числа.

В каждой группе должен быть назначен руководитель. Рекомендуется, чтобы с Группой отбора проб окружающей среды и пищевых продуктов работал один местный сопровождающий.

Предостережения:

- У субъектов, чувствительных к соединениям йода, при приеме стабильного йода может развиваться остановка дыхания. Поэтому следует заранее обследовать членов групп, готовящихся к реагированию на реакторную аварию, на чувствительность к препаратам блокирования щитовидной железы.
- При использовании респираторов или противогазов следует определить соответствующие испытания и/или другие требования к подготовке.

ТАБЛИЦА II: ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ГРППЫ МОНИТОРИНГА, ИХ СОСТАВ И ТРЕБУЕМОЕ ОБУЧЕНИЕ

| Группа | Цель | Минимальный штат | Необходимые основные знания | Необходимые специфические знания | Частота повторного обучения |
|---|---|------------------|---|--|------------------------------|
| Группа разведки окружающей среды | <ol style="list-style-type: none"> Измерять мощности дозы гамма-/бета-излучения от облака, выпадений на землю или источника Мониторинг загрязнения Дозиметрия окружающей среды Оценить неизвестную ситуацию | 2 | <ol style="list-style-type: none"> Основы знаний о радиации Радиационная защита профессионалов | <ol style="list-style-type: none"> Методы измерений мощности дозы и загрязнения поверхностей Сценарии аварийного реагирования Инструкции: А0, А1 - А5, А9 | Раз в полгода ^(а) |
| Группа отбора проб воздуха | <ol style="list-style-type: none"> Проводить отбор проб воздуха для лабораторного анализа Измерять мощности дозы гамма-/бета-излучения Мониторинг загрязнения Оценить пробы воздуха в полевых условиях | 2 | <ol style="list-style-type: none"> Основы знаний о радиации Радиационная защита профессионалов | <ol style="list-style-type: none"> Метод отбора проб воздуха Обращение с пробами Методы измерений мощности дозы Оценка проб воздуха в полевых условиях Инструкции: А0, А9, Б1 | Раз в полгода ^(а) |
| Группа гамма-спектрометрии in-situ | <ol style="list-style-type: none"> Определить загрязнение почвы конкретными радионуклидами Определить, превышены ли ДУВ для загрязнения почвы Поиск утерянных источников с воздуха Измерять мощности дозы гамма-/бета-излучения | 2 | <ol style="list-style-type: none"> Гамма-спектрометрия Медицинская физика Основы ядерной электроники | <ol style="list-style-type: none"> Методы измерений мощности дозы Методы воздушной разведки Инструкции: А0, А6, А7, А9, Г1, Г3 | Раз в полгода ^(а) |
| Группа индивидуального мониторинга и дезактивации | <ol style="list-style-type: none"> Мониторинг загрязнения персонала и оборудования Мониторинг щитовидной железы Индивидуальная дозиметрия Дезактивация людей и оборудования | 3 | <ol style="list-style-type: none"> Основы знаний о радиации Радиационная защита профессионалов | <ol style="list-style-type: none"> Методы мониторинга загрязнения Методы мониторинга щитовидной железы Методы дезактивации Оценка доз Инструкции: А0, А8, А9 | Ежегодно |
| Группа отбора проб окружающей среды и пищевых продуктов | <ol style="list-style-type: none"> Проводить отбор проб загрязненной почвы, растений, пищевых продуктов и воды Измерять мощности дозы гамма-/бета-излучения | 2 | <ol style="list-style-type: none"> Основы знаний о радиации Радиационная защита профессионалов | <ol style="list-style-type: none"> Методы отбора проб Обращение с пробами Методы измерений мощности дозы Инструкции: А0, А9, Б2 – Б7 | Ежегодно |

| Группа | Цель | Минимальный штат | Необходимые основные знания | Необходимые специфические знания | Частота повторного обучения |
|---|--|------------------|--|---|-----------------------------|
| Группа изотопного анализа (лаборатория) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Определить концентрации конкретных радионуклидов в пробах 2. Оценить загрязнение альфа-/бета-излучающими радионуклидами 3. Определить, превышены ли ОУД для проб пищевых продуктов, воды или молока | 5 | <ol style="list-style-type: none"> 1. Гамма-спектрометрия 2. Альфа-спектрометрия 3. Радиохимия 4. Основы ядерной электроники 5. Измерения альфа-/бета-излучения | <ol style="list-style-type: none"> 1. Методы подготовки проб 2. Обращение с пробами 3. Оценка данных 4. Контроль и гарантия качества измерений 5. Инструкции: А8, В1, Г2 - Г4, Д1 - Д5 | Ежегодно |

(а) Лица, рутинно выполняющие только одинаковые виды работ, должны проходить ежегодное повторное обучение.

ПРИЛОЖЕНИЕ II ПРИБОРЫ

Требования и характеристики приборов, используемых для измерения ионизирующего излучения, варьируют в соответствии с обстоятельствами использования (полевые условия, лабораторные условия) и целями применения (радиационная разведка, индивидуальный мониторинг, измерение альфа-, бета-, гамма-излучения). Приборы для измерения ионизирующего излучения варьируют на практике в такой степени, что представленное в Таблице III их краткое описание представляет собой лишь обзор основных классов приборов.

ТАБЛИЦА III: ОБЗОР ОСНОВНЫХ КЛАССОВ ПРИБОРОВ

| Прибор | Цель | Ссылка на Инструкцию | Преимущества | Недостатки | Относительная стоимость |
|--|--|----------------------|--|--|-------------------------|
| Фотошлюпочный дозиметр | Определение γ -, β - излучения; индивидуальная дозиметрия | A8a | Простота, возможность использования в условиях смешанного излучения | Ограниченный диапазон, невозможность многократного использования, считывание данных только в лабораторных условиях | \$ |
| ТЛД | Определение γ -, рентгеновского излучения; дозиметрия окружающей среды, индивидуальная дозиметрия | A3, A8a | Простота, возможность многократного использования, надежность | Результат зависит от энергии, считывание данных только в лабораторных условиях | \$\$ |
| Электронный дозиметр | Определение γ -, рентгеновского излучения; индивидуальный мониторинг | A8a | Прямое считывание данных, установление заранее уровня подачи сигнала тревоги | | \$ |
| Счетчик Гейгера-Мюллера энергетически компенсированный | Определение γ -, β - излучения; мониторинг мощности дозы; разведка в облаке | A1, A2, A3, A4 | Быстрота отклика, простота, прочность | Ограниченный энергетический диапазон, возможность насыщения при высоких уровнях дозы | \$ |
| Счетчик Гейгера-Мюллера с тонкостенным окном | Определение γ -, β -, рентгеновского излучения; разведка загрязнения | A4, A5 | Быстрота отклика, простота, приемлемая прочность | Энергетический диапазон для β -излучения зависит от толщины окна, возможность насыщения при высоких уровнях дозы | \$ |
| Счетчик Гейгера-Мюллера торцовый | Определение α -, β - излучения; разведка загрязнения | A4, A5 | Быстрота отклика, компактность | Легко повредить, ограниченный максимальный размер, высокий уровень фона, ограничения МДА для α -излучения | \$ |
| Пропорциональный счетчик | Определение α -, β - излучения; мониторинг загрязнения | B1 | Эффективность | Окно чувствительно к повреждению | \$ |
| Ионизационная камера | Определение β -, γ - излучения; мониторинг мощности дозы; разведка в облаке | A1, A2, A3, A4 | Хорошие дозиметрические характеристики | Ограниченная чувствительность (минимальная -1 $\mu\text{Зв/ч}$), чувствителен к условиям окружающей среды | \$\$ |

| Прибор | Цель | Ссылка на Инструкцию | Преимущества | Недостатки | Относительная стоимость |
|--|---|-------------------------------------|--|---|-------------------------|
| Ионизационная камера высокого давления | Определение γ -излучения; мониторинг мощности дозы | A1, A2, A3, A4 | Высокая чувствительность, хорош для измерений в диапазоне выше 60 кэВ | Ограниченный энергетический отклик, большой вес, опасность наличия сосуда под давлением, медленный отклик | \$\$ |
| Жидкостной сцинтилляционный детектор | Определение β -излучения; анализ трития | Д1 | Высокая эффективность для измерения низкоэнергетического бета-излучения | Необходимость радиохимической подготовки проб | \$\$\$ |
| Сцинтилляционный детектор | Определение γ -, рентгеновского излучения; загрязнение обширных площадей (выбранный радионуклид), мониторинг щитовидной железы, спектрометрия проб | A1, A2, A4, A5, A6, A7, A86, Г1, Г2 | Получение данных о конкретном нуклиде, высокая эффективность, быстрый отклик | Ограниченное разрешение, температурная нестабильность | \$\$ |
| НРGe спектрометр | Определение γ -, рентгеновского излучения; загрязнение обширных площадей (выбранный радионуклид), спектрометрия проб | Г1, Г2 | Детальная информация о составе радионуклидов | Хрупкий, сложный, использование требует специального обучения | \$\$\$ |

Примечание:

\$ недорогой (до 1000 US\$)

\$\$ относительно дорогой (до 10000 US\$)

\$\$\$ дорогой (до 100000 US\$)

ПРИЛОЖЕНИЕ III

СПУТНИКОВАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ

Спутниковая система определения координат (global positioning systems - GPS) является эффективной навигационной поддержкой мониторинга окружающей среды для установления места отбора проб, проведения измерений и/или проведения непрерывного мониторинга с движущегося транспортного средства или вертолета (самолета).

В гражданских целях точность определения местоположения ± 100 м может быть получена при использовании имеющихся в продаже навигационных блоков GPS. Точность определения также зависит от количества связанных с GPS спутников. Блоки GPS, которые "не видят" хотя бы 2 спутника, - не работают. Холмы и здания могут препятствовать получению сигнала. Несущий винт вертолета может также влиять на получение сигнала. Поэтому, следует уделить внимание выбору соответствующего или подходящего места для установки системы. При монтаже блока на транспортное средство необходимо установление на крышу антенн.

В военных целях требуется значительно большая точность. Для повышения точности следует проводить коррекцию, используя референсную станцию (дифференциальную GPS). Указанные референсные корректирующие сигналы могут быть получены с референсной станции или с радиостанций (имеются в наличии в некоторых странах). Последний способ наиболее пригоден для стран, в которых проводится геологическая разведка.

Следует использовать GPS с соответствующими картами. В связи с этим важно выбрать соответствующие (подходящие) координаты.

Навигационный блок GPS дает возможность пользователю нанести любую точку на любую карту и, в зависимости от используемой системы, - рассчитать текущее местоположение пользователя, скорость и угол движения. Путевые точки являются специфическими координатами местоположения и хранятся в памяти приемника. Блок GPS имеет возможность хранить в памяти до 500 путевых точек. Система гарантирует работу в течение 24 часов в любой точке мира при любых погодных условиях. При наличии соответствующей (подходящей) компьютерной программы можно начертить на карте маршрут движения.

Чрезвычайно важно обучение использованию GPS.

ПРИЛОЖЕНИЕ IV ДАННЫЕ О РАДИОНУКЛИДАХ

Для альфа-, бета- и гамма- излучающих радионуклидов представлены следующие данные (Таблицы):

- Период полураспада
- Энергия E_γ , распада γ
- Абсолютная излучающая способность ρ_γ распада γ

Длительность периода полураспада выражена в годах (г), днях (д), часах (ч) и минутах (мин); энергия E_γ , - в кэВ. Один год равен 365.25 дням.

Для бета-излучателей с непрерывным спектром излучения даны среднее E_β и максимальное E_β^{\max} значения энергии. В Таблице IV2 для бета-излучателей представлены данные для некоторых нуклидов, излучающих только рентгеновское излучение.

В Таблице IV3, содержащей схемы распада гамма-излучателей (отмечено + около символа нуклида), также дана информация о дочерних нуклидах. Значения излучающей способности даны с учетом предположения о радиоактивном равновесии.

Значения излучающей способности радионуклидов из цепочки ^{235}U и частично из цепочки ^{238}U не пересчитаны с учетом радиоактивного равновесия, радионуклиды перечислены с соответственными значениями периода полураспада. При упоминании радиоактивного равновесия следует рассматривать отношения ветвей распада в рамках цепочки.

Первоисточник представленных данных – [16].

ТАБЛИЦА IV1: АЛЬФА-ИЗЛУЧАТЕЛИ

| Радионуклид | Период полураспада | Энергия E [кэВ] | Излучающая |
|-------------|-------------------------|--------------------|---------------------------|
| | | | способность R_α |
| U-234 | 2.457 10 ⁵ г | 4774.8 | 0.725 |
| | | 4722.6 | 0.0275 |
| U-235 | 7.037 10 ⁸ г | 4400 | 0.57 |
| | | 4374 | 0.061 |
| | | 4368 | 0.123 |
| | | 4218 | 0.062 |
| U-238 | 4.468 10 ⁹ г | 4197 | 0.77 |
| | | 4150 | 0.23 |
| Pu-238 | 87.7 г | 5499.07 | 0.715 |
| Pu-239 | 2.411 10 ⁴ г | 5456.3 | 0.285 |
| | | 5156.6 | 0.733 |
| Pu-240 | 6.563 10 ³ г | 5143.8 | 0.151 |
| | | 5105.0 | 0.115 |
| | | 5168.17 | 0.7351 |
| Pu-242 | 3.735 10 ⁵ г | 5123.68 | 0.2639 |
| | | 4900.5 | 0.770 |
| Am-241 | 432.0 г | 4856.2 | 0.230 |
| | | 5485.60 | 0.852 |
| Cm-242 | 162.94 д | 5442.90 | 0.131 |
| | | 6112.77 | 0.738 |
| Cm-244 | 18.10 г | 6069.42 | 0.262 |
| | | 5804.82 | 0.764 |
| | | 5762.70 | 0.236 |

ТАБЛИЦА IV2: БЕТА-ИЗЛУЧАТЕЛИ

| Радионуклид | Период полураспада | E_β^{\max} | E_β | E_β | Излучающая способность R_β |
|-------------|-----------------------|------------------|-------------|---------------------|--|
| | | [кэВ] | [кэВ] | [кэВ] | |
| H-3 | 12.35 г | 18.60 | 5.68 | | |
| C-14 | 5730 г | 156.48 | 49.47 | | |
| P-32 | 14.29 д | 1710.40 | 695.00 | | |
| S-35 | 87.44 д | 167.47 | 48.80 | | |
| Fe-55 | 2.75 г | | | K _α 5.9 | 0.278 |
| | | | | K _β 6.5 | |
| Ni-63 | 96 г | 65.87 | 17.13 | | |
| Sr-89 | 50.5 д | 1492 | 583.10 | | |
| Sr-90 | 28.7 г | 546.00 | 195.80 | | |
| Y-90 | 64.1 ч | 2284 | 934.80 | | |
| I-125 | 59.3 д | | | K _α 27.4 | 1.140 |
| | | | | K _β 31.0 | |
| Pb-210 | 22.3 г | 16.50 | 4.15 (80%) | | 0.258 |
| | | 63.00 | 16.13 (20%) | | |
| | | E общая: | 6.51 | | |

ТАБЛИЦА IV3: ГАММА-ИЗЛУЧАТЕЛИ

| Нуклид | Период полураспада | E_γ [кэВ] | P_γ | Нуклид | Период полураспада | E_γ [кэВ] | P_γ |
|----------|-----------------------|---------------------|------------|-----------|-----------------------|---------------------|------------|
| Be - 7 | 53.17 д | 477.61 | 0.1032 | Sr - 85 | 64.85 д | 514.01 | 0.984 |
| Na - 22 | 950.4 д | 511.00 | 1.807 | Кг - 87 | 1.272 ч | 402.58 | 0.495 |
| | | 1274.542 | 0.9994 | | | 673.87 | 0.0191 |
| Na - 24 | 0.62323 д | 1368.63 | 0.99994 | | | 845.43 | 0.073 |
| | | 2754.030 | 0.99876 | | | 1175.40 | 0.0112 |
| K - 40 | 1.277 10^9 Г | 1460.81 | 0.1067 | | | 1740.52 | 0.0205 |
| Ar - 41 | 1.827 ч | 1293.64 | 0.9916 | | | 2011.88 | 0.0290 |
| Sc - 46 | 83.80 д | 889.280 | 0.99984 | | | 2554.8 | 0.093 |
| | | 1120.55 | 0.99987 | | | 2558.1 | 0.039 |
| Cr - 51 | 27.71 д | 320.08 | 0.0985 | Кг - 88 | 2.84 ч | 165.98 | 0.0310 |
| Mn - 54 | 312.5 д | 834.84 | 0.99975 | | | 196.32 | 0.260 |
| Mn - 56 | 0.10744 д | 846.75 | 0.989 | | | 362.23 | 0.0225 |
| | | 1810.72 | 0.272 | | | 834.83 | 0.130 |
| | | 2113.05 | 0.143 | | | 1518.39 | 0.0215 |
| Co - 56 | 77.3 д | 846.75 | 0.9993 | | | 1529.77 | 0.109 |
| | | 977.42 | 0.0144 | | | 2029.84 | 0.0453 |
| | | 1037.820 | 0.1411 | | | 2035.41 | 0.0374 |
| | | 1175.09 | 0.0227 | | | 2195.84 | 0.132 |
| | | 1238.26 | 0.6670 | | | 2231.77 | 0.034 |
| | | 1360.21 | 0.0427 | | | 2392.11 | 0.3460 |
| | | 1771.40 | 0.1550 | Y - 88 | 106.66 д | 898.04 | 0.946 |
| | | 2015.35 | 0.0302 | | | 1836.06 | 0.9924 |
| | | 2034.91 | 0.0788 | Кг - 89 | 3.16 мин | 220.90 | 0.200 |
| | | 2598.55 | 0.1720 | | | 497.5 | 0.066 |
| | | 3202.24 | 0.0324 | | | 576.96 | 0.056 |
| | | 3253.52 | 0.0798 | | | 585.80 | 0.166 |
| | | 3273.20 | 0.0189 | | | 738.39 | 0.042 |
| | | 3451.42 | 0.00954 | | | 867.08 | 0.059 |
| Co - 57 | 271.84 д | 122.06 | 0.8559 | | | 904.27 | 0.072 |
| | | 136.47 | 0.1058 | | | 1324.28 | 0.0306 |
| Co - 58 | 70.78 д | 511.00 | 0.300 | | | 1472.76 | 0.069 |
| | | 810.78 | 0.9945 | | | 1530.04 | 0.033 |
| Fe - 59 | 44.53 д | 142.54 | 0.0100 | | | 1533.68 | 0.051 |
| | | 192.35 | 0.0270 | | | 1693.7 | 0.044 |
| | | 1099.25 | 0.561 | | | 2012.23 | 0.0156 |
| | | 1291.57 | 0.436 | | | 2866.23 | 0.0174 |
| Co - 60 | 1925.5 д | 1173.24 | 0.9990 | | | 3532.9 | 0.0134 |
| | | 1332.50 | 0.999824 | | | 3923.0 | 0.0041 |
| Zn - 65 | 243.9 д | 511.00 | 0.0286 | Sr - 89 | 50.5 д | 909.2 | 0.0000976 |
| | | 1115.55 | 0.504 | Zr - 95 | 64.09 д | 724.20 | 0.440 |
| Se - 75 | 119.76 д | 121.12 | 0.173 | | | 756.73 | 0.543 |
| | | 136.00 | 0.590 | Nb - 95 | 35.0 д | 765.80 | 0.9980 |
| | | 198.60 | 0.0147 | Mo - 99 + | 2.7476 д | 140.47 | 0.0495 |
| | | 264.65 | 0.591 | | | 181.06 | 0.0603 |
| | | 279.53 | 0.252 | | | 366.42 | 0.0122 |
| | | 303.910 | 0.0134 | | | 739.50 | 0.1231 |
| | | 400.65 | 0.1156 | | | 777.92 | 0.0433 |
| Kr - 85 | 3.909 10^3 д | 514.01 | 0.00434 | Tc - 99m | 0.25025 д | 140.47 | 0.8897 |
| Kr - 85m | 4.48 ч | 151.18 | 0.753 | Ru - 103 | 39.272 д | 497.08 | 0.909 |
| | | 304.87 | 0.141 | | | 610.33 | 0.0565 |

| Нуклид | Период полураспада | E _γ [кэВ] | Р _γ |
|------------|-----------------------|-------------------------|----------------|
| Ru - 106 + | 372.6 д | 511.85 | 0.2047 |
| | | 616.17 | 0.00735 |
| | | 621.84 | 0.0995 |
| Ag - 108m | 127 г | 1050.47 | 0.01452 |
| | | 433.93 | 0.905 |
| | | 614.37 | 0.898 |
| | | 722.95 | 0.908 |
| Ag - 110m | 249.79 д | 657.75 | 0.9465 |
| | | 677.61 | 0.1068 |
| | | 706.670 | 0.166 |
| | | 763.93 | 0.224 |
| | | 884.67 | 0.734 |
| | | 937.48 | 0.346 |
| | | 1384.27 | 0.247 |
| Cd - 109 | 463 д | 1475.76 | 0.0397 |
| | | 1505.00 | 0.1316 |
| | | 88.03 | 0.0365 |
| In - 111 | 2.8049 д | 171.28 | 0.9093 |
| | | 245.39 | 0.9417 |
| Sn - 113 + | 115.1 д | 255.12 | 0.0193 |
| | | 391.69 | 0.649 |
| Te - 123m | 119.7 д | 158.96 | 0.840 |
| Sb - 124 | 60.20 д | 602.72 | 0.9783 |
| | | 645.82 | 0.0744 |
| | | 722.78 | 0.1078 |
| | | 1691.02 | 0.4752 |
| | | 2091.0 | 0.0547 |
| | | 176.33 | 0.0679 |
| Sb - 125 | 1008.1 д | 380.44 | 0.01520 |
| | | 427.89 | 0.294 |
| | | 463.38 | 0.1045 |
| | | 600.56 | 0.1778 |
| | | 606.64 | 0.0502 |
| | | 635.90 | 0.1132 |
| | | 671.41 | 0.0180 |
| | | 35.49 | 0.0667 |
| I - 131 | 8.021 д | 364.48 | 0.816 |
| | | 636.97 | 0.0712 |
| | | 722.89 | 0.0178 |
| Xe - 131m | 11.84 д | 163.93 | 0.0196 |
| Xe - 133 | 5.245 д | 79.62 | 0.0026 |
| | | 81.00 | 0.377 |
| Xe - 133m | 2.19 д | 233.18 | 0.103 |
| Ba - 133 | 3842 д | 53.16 | 0.0220 |
| | | 79.62 | 0.0261 |
| | | 81.00 | 0.340 |
| | | 276.39 | 0.0710 |
| | | 302.85 | 0.1833 |
| | | 356.01 | 0.623 |
| | | 383.85 | 0.0892 |
| | | 475.35 | 0.0151 |
| | | 563.23 | 0.0834 |
| | | 569.32 | 0.1538 |
| Cs - 134 | 754.2 д | 604.70 | 0.976 |

| Нуклид | Период полураспада | E _γ [кэВ] | Р _γ |
|------------|-----------------------|-------------------------|----------------|
| | | 795.85 | 0.854 |
| | | 801.93 | 0.0864 |
| | | 1038.57 | 0.00998 |
| | | 1167.94 | 0.0180 |
| | | 1365.15 | 0.0302 |
| Xe - 135 | 0.3796 д | 249.79 | 0.9013 |
| | | 608.19 | 0.029 |
| Xe - 135m | 15.36 мин | 526.57 | 0.812 |
| Xe - 137 | 3.83 мин | 455.51 | 0.312 |
| Cs - 137 | 30.0 г | 661.66 | 0.850 |
| Xe - 138 | 14.13 мин | 153.75 | 0.0595 |
| | | 242.56 | 0.0350 |
| | | 258.31 | 0.315 |
| | | 396.43 | 0.063 |
| | | 1768.26 | 0.167 |
| | | 2004.75 | 0.0535 |
| | | 2015.82 | 0.123 |
| | | 2252.26 | 0.0229 |
| Ce - 139 | 137.65 д | 165.85 | 0.800 |
| Ba - 140 | 12.751 д | 537.38 | 0.2439 |
| La - 140 | 1.6779 д | 328.77 | 0.2074 |
| | | 487.03 | 0.4594 |
| | | 815.83 | 0.2364 |
| | | 1596.49 | 0.9540 |
| Ce - 141 | 32.50 д | 145.44 | 0.489 |
| Ce - 144 + | 284.45 д | 133.54 | 0.1109 |
| | | 696.51 | 0.0134 |
| | | 1489.15 | 0.00279 |
| | | 2185.66 | 0.00700 |
| Nd - 147 | 10.98 д | 91.11 | 0.282 |
| | | 531.03 | 0.123 |
| Eu - 152 | 4939 д | 121.78 | 0.2837 |
| | | 244.69 | 0.0751 |
| | | 344.27 | 0.2658 |
| | | 411.11 | 0.02234 |
| | | 443.91 | 0.0280 |
| | | 778.89 | 0.1296 |
| | | 963.38 | 0.1462 |
| | | 1085.78 | 0.1016 |
| | | 1112.02 | 0.1356 |
| | | 1407.95 | 0.2085 |
| Yb - 169 | 32.032 д | 109.78 | 0.175 |
| | | 118.19 | 0.0186 |
| | | 130.52 | 0.1128 |
| | | 177.21 | 0.2244 |
| | | 197.95 | 0.360 |
| | | 261.07 | 0.0168 |
| | | 307.73 | 0.1010 |
| Hf - 180m | 0.2300 д | 215.25 | 0.817 |
| | | 332.31 | 0.945 |
| | | 443.18 | 0.831 |
| | | 500.71 | 0.139 |
| Ta - 182 | 114.43 д | 84.68 | 0.0263 |

| Нуклид | Период полураспада | E_γ [кэВ] | P_γ |
|------------|-------------------------|---------------------|------------|
| | | 100.11 | 0.1423 |
| | | 113.67 | 0.0187 |
| | | 116.41 | 0.00445 |
| | | 152.43 | 0.0695 |
| | | 156.38 | 0.0263 |
| Ta - 182 | 114.43 д | 179.39 | 0.0309 |
| | | 198.35 | 0.0144 |
| | | 222.10 | 0.0750 |
| | | 229.32 | 0.0364 |
| | | 264.07 | 0.0362 |
| | | 1121.28 | 0.3530 |
| | | 1189.04 | 0.1644 |
| | | 1221.42 | 0.2717 |
| | | 1230.87 | 0.1158 |
| Ir - 192 | 73.831 д | 295.96 | 0.286 |
| | | 308.46 | 0.298 |
| | | 316.51 | 0.828 |
| | | 468.07 | 0.477 |
| | | 588.59 | 0.0451 |
| | | 604.41 | 0.0819 |
| | | 612.47 | 0.0531 |
| Au - 198 | 2.696 д | 411.80 | 0.9547 |
| Hg - 203 | 46.612 д | 279.20 | 0.813 |
| Bi - 207 | 32.2 г | 569.70 | 0.9770 |
| | | 1063.66 | 0.7408 |
| | | 1770.24 | 0.0687 |
| Pb - 210 | 22.3 г | 46.50 | 0.0418 |
| Ra - 226 + | 1600 г | 186.21 | 0.0351 |
| | | 241.98 | 0.0712 |
| | | 295.21 | 0.1815 |
| | | 351.92 | 0.351 |
| | | 609.31 | 0.446 |
| | | 768.36 | 0.0476 |
| | | 934.06 | 0.0307 |
| | | 1120.29 | 0.147 |
| | | 1238.11 | 0.0578 |
| | | 1509.23 | 0.0208 |
| | | 1764.49 | 0.151 |
| | | 2118.55 | 0.0117 |
| | | 2204.22 | 0.0498 |
| | | 2293.36 | 0.00301 |
| | | 2447.86 | 0.0155 |
| Th - 232 + | $1.405 \cdot 10^{10}$ г | 59.0 | 0.0019 |
| | | 105.0 | 0.016 |
| | | 129.08 | 0.0223 |
| | | 146.1 | 0.0021 |
| | | 154.2 | 0.0090 |
| | | 209.28 | 0.0381 |
| | | 238.63 | 0.435 |
| | | 240.98 | 0.0404 |
| | | 270.23 | 0.0344 |
| | | 278.0 | 0.0233 |
| | | 300.09 | 0.0327 |
| | | 321.7 | 0.00245 |

| Нуклид | Период полураспада | E_γ [кэВ] | P_γ |
|----------|-----------------------|---------------------|------------|
| | | 328.0 | 0.0310 |
| | | 338.32 | 0.1126 |
| | | 409.51 | 0.0195 |
| | | 463.00 | 0.0450 |
| | | 562.3 | 0.0089 |
| | | 570.7 | 0.00213 |
| | | 583.0 | 0.307 |
| | | 727.0 | 0.0735 |
| | | 755.18 | 0.0104 |
| | | 763.13 | 0.0073 |
| | | 772.17 | 0.0145 |
| | | 785.46 | 0.0107 |
| | | 794.70 | 0.0434 |
| | | 835.5 | 0.0153 |
| | | 860.37 | 0.0455 |
| | | 911.07 | 0.266 |
| | | 964.6 | 0.052 |
| | | 969.11 | 0.1623 |
| | | 1459.30 | 0.0078 |
| | | 1588.00 | 0.0326 |
| | | 2614.66 | 0.356 |
| Am - 241 | 432.0 г | 59.54 | 0.360 |

ТАБЛИЦА IV4:

ФОНОВЫЕ ЛИНИИ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ В ИЗМЕРЕННЫХ
Ge СПЕКТРОМЕТРОМ СПЕКТРАХ

| E_γ [кэВ] | Нуклид | Цепочка распада | E_γ [кэВ] | Нуклид | Цепочка распада |
|------------------|----------|--------------------|------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| 53.2 | Pb - 214 | U | 934.1 | Bi - 214 | U |
| 75.0 | Pb - 212 | Th | 950.0 | K - 40 | одиночное испускание |
| 75.0 | Pb - 214 | U | 964.1 | Bi - 214 | U |
| 75.0 | TI - 208 | Th | 964.4 | Ac - 228 | Th |
| 77.1 | Pb - 212 | Th | 1000.7 | Pa - 234m | U |
| 87.2 | Pb - 212 | Th | 1035.5 | Ac - 228 | Th |
| | Pb - 214 | U | 1052.0 | Bi - 214 | U |
| 92.9 | Th - 234 | | 1078.6 | Bi - 212 | Th |
| 99.5 | Ac - 228 | Th | 1120.3 | Bi - 214 | U |
| 129.1 | Ac - 228 | Th | 1155.2 | Bi - 214 | U |
| 154.2 | Ac - 228 | Th | 1238.1 | Bi - 214 | U |
| 186.2 | Ra - 226 | U | 1281.0 | Bi - 214 | U |
| | U - 235 | | 1377.7 | Bi - 214 | U |
| 209.3 | Ac - 228 | Th | 1385.3 | Bi - 214 | U |
| 238.6 | Pb - 212 | Th | 1401.5 | Bi - 214 | U |
| 242.0 | Pb - 214 | U | 1408.0 | Bi - 214 | U |
| 270.2 | Ac - 228 | Th | 1460.8 | K - 40 | |
| 278.0 | TI - 208 | Th | 1495.8 | Ac - 228 | Th |
| 295.2 | Pb - 214 | U | 1501.5 | Ac - 228 | Th |
| 300.1 | Pb - 212 | Th | 1509.2 | Bi - 214 | U |
| 328.0 | Ac - 228 | Th | 1512.8 | Bi - 212 | Th |
| 338.3 | Ac - 228 | Th | 1538.5 | Bi - 214 | U |
| 351.9 | Pb - 214 | U | 1543.4 | Bi - 214 | U |
| 409.5 | Ac - 228 | Th | 1556.9 | Ac - 228 | Th |
| 438.8 | K - 40 | двойное испускание | 1580.2 | Ac - 228 | Th |
| 463.0 | Ac - 228 | Th | 1583.2 | Bi - 214 | U |
| 511.0 | TI - 208 | Th | 1588.0 | Ac - 228 | Th |
| 511.2 | | аннигиляция | 1592.5 | TI - 208 | Th / двойное испускание |
| 562.3 | Ac - 228 | Th | 1599.3 | Bi - 214 | U |
| 583.0 | TI - 208 | Th | 1620.6 | Bi - 212 | Th |
| 609.3 | Bi - 214 | U | 1624.7 | Ac - 228 | Th |
| 665.5 | Bi - 214 | U | 1630.4 | Ac - 228 | Th |
| 703.1 | Bi - 214 | U | 1638.0 | Ac - 228 | Th |
| 727.0 | Bi - 212 | Th | 1661.3 | Bi - 214 | U |
| 755.2 | Ac - 228 | Th | 1667.4 | Ac - 228 | Th |
| 763.1 | TI - 208 | Th | 1684.0 | Bi - 214 | U |
| 768.4 | Bi - 214 | U | 1693.1 | Bi - 214 | U / одиночное испускание |
| 772.1 | Ac - 228 | Th | 1729.6 | Bi - 214 | U |
| 782.0 | Ac - 228 | Th | 1764.5 | Bi - 214 | U |
| 785.5 | Bi - 212 | Th | 1838.3 | Bi - 214 | U |
| 785.9 | Pb - 214 | U | 1847.4 | Bi - 214 | U |
| 794.7 | Ac - 228 | Th | 2103.5 | TI - 208 | Th / одиночное испускание |
| 806.2 | Bi - 214 | U | 2118.6 | Bi - 214 | U |
| 830.5 | Ac - 228 | Th | 2204.2 | Bi - 214 | U |
| 835.5 | Ac - 228 | Th | 2447.9 | Bi - 214 | U |
| 840.0 | Ac - 228 | Th | 2614.7 | TI - 208 | Th |
| 860.4 | TI - 208 | Th | | | |
| 893.4 | Bi - 212 | Th | | | |
| 904.5 | Ac - 228 | Th | | | |
| 911.1 | Ac - 228 | Th | | | |
| | | | U | цепочка распада ²³⁸ U | |
| | | | Th | цепочка распада ²³² Th | |

ТАБЛИЦА IV5:

ЛИНИИ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ: ПЕРЕЧИСЛЕНИЕ В
СООТВЕТСТВИИ С ЭНЕРГИЕЙ

| Энергия [кэВ] | Радионуклид | Интенсивность /100 распадов | Энергия [кэВ] | Радионуклид | Интенсивность /100 распадов |
|------------------|-------------|--------------------------------|------------------|-------------|--------------------------------|
| 13.60 | Pu - 239 | 4.40 | 123.80 | Ba - 131 | 29.05 |
| 13.85 | Ba - 140 | 1.20 | 129.30 | Pu - 239 | 0.64 |
| 14.41 | Co - 57 | 9.54 | 133.02 | Hf - 181 | 41.00 |
| 22.16 | Cd - 109 | 86.00 | 133.54 | Ce - 144 | 10.80 |
| 24.94 | Cd - 109 | 17.00 | 134.25 | W - 187 | 8.56 |
| 26.35 | Am - 241 | 2.40 | 136.00 | Se - 75 | 58.98 |
| 27.40 | Sb - 125 | 61.92 | 136.25 | Hf - 181 | 6.90 |
| 29.97 | Ba - 140 | 10.73 | 136.48 | Co - 57 | 10.61 |
| 31.00 | Sb - 125 | 12.89 | 140.51 | Te - 99m | 88.90 |
| 31.82 | Cs - 137 | 1.96 | 142.65 | Fe - 59 | 1.02 |
| 32.19 | Cs - 137 | 3.61 | 143.21 | Np - 237 | 0.42 |
| 35.50 | Sb - 125 | 4.28 | 143.76 | U - 235 | 10.93 |
| 36.40 | Cs - 137 | 1.31 | 145.44 | Ce - 141 | 48.44 |
| 42.80 | Eu - 154 | 28.47 | 151.17 | Kr - 85m | 75.08 |
| 46.52 | Pb - 210 | 4.05 | 158.20 | Xe - 135 | 0.29 |
| 49.41 | Np - 239 | 0.10 | 162.64 | Ba - 140 | 6.21 |
| 51.62 | Pu - 239 | 0.27 | 163.33 | U - 235 | 5.00 |
| 59.54 | Am - 241 | 35.90 | 16.93 | Xe - 131m | 1.96 |
| 59.54 | U - 237 | 33.48 | 164.10 | Ba - 139 | 22.05 |
| 60.01 | Eu - 155 | 1.14 | 165.85 | Ce - 139 | 79.95 |
| 63.29 | Th - 23 | 43.83 | 172.62 | Sb - 125 | 0.18 |
| 67.75 | Ta - 182 | 42.30 | 176.33 | Sb - 125 | 6.79 |
| 67.88 | Np - 239 | 0.90 | 176.56 | Cs - 136 | 13.59 |
| 72.00 | W - 187 | 10.77 | 181.06 | Mo - 99 | 6.52 |
| 79.62 | Xe - 133 | 0.60 | 185.72 | U - 235 | 57.50 |
| 80.11 | Ce - 144 | 1.60 | 186.21 | Ra - 226 | 3.28 |
| 80.18 | I - 131 | 2.62 | 192.35 | Fe - 59 | 3.08 |
| 81.00 | Ba - 133 | 32.92 | 196.32 | Kr - 88 | 26.30 |
| 81.00 | Xe - 133 | 37.00 | 205.31 | U - 235 | 5.03 |
| 86.50 | Np - 237 | 12.60 | 208.01 | U - 237 | 21.67 |
| 86.54 | Eu - 155 | 30.80 | 208.36 | Lu - 177 | 11.00 |
| 86.79 | Th - 160 | 13.20 | 209.75 | Np - 239 | 32.70 |
| 88.03 | Cd - 109 | 3.61 | 216.09 | Ba - 131 | 19.90 |
| 91.10 | Nd - 147 | 27.90 | 220.90 | Kr - 89 | 20.40 |
| 92.38 | Th - 234 | 2.73 | 228.16 | Te - 132 | 88.20 |
| 92.80 | Th - 234 | 2.69 | 228.18 | Np - 239 | 10.79 |
| 94.67 | Pu - 239 | 0.37 | 233.18 | Xe - 133m | 10.30 |
| 97.43 | Sm - 153 | 0.73 | 234.68 | Zr - 95 | 0.20 |
| 97.43 | Gd - 153 | 27.60 | 236.00 | Th - 227 | 11.05 |
| 98.44 | Pu - 239 | 0.59 | 238.63 | Pb - 212 | 44.60 |
| 100.10 | Ta - 182 | 14.10 | 240.98 | Ra - 224 | 3.95 |
| 103.18 | Gd - 153 | 19.60 | 241.98 | Pb - 214 | 9.00 |
| 103.18 | Sm - 153 | 28.30 | 244.70 | Eu - 152 | 7.51 |
| 105.31 | Eu - 155 | 20.50 | 248.04 | Eu - 154 | 6.59 |
| 106.12 | Np - 239 | 22.86 | 249.44 | Ba - 131 | 2.80 |
| 112.95 | Lu - 177 | 6.40 | 249.79 | Xe - 135 | 89.90 |
| 121.12 | Se - 75 | 17.32 | 252.45 | Eu - 154 | 0.10 |
| 121.78 | Eu - 152 | 28.32 | 255.06 | Sn - 113 | 1.82 |
| 122.06 | Co - 57 | 85.59 | 256.25 | Th - 227 | 6.71 |
| 123.14 | Eu - 154 | 40.50 | 258.41 | Xe - 138 | 31.50 |

| Энергия [кэВ] | Радионуклид | Интенсивность /100 распадов |
|------------------|-------------|--------------------------------|
| 258.79 | Pb - 214 | 35 |
| 264.66 | Se - 755 | 9.10 |
| 273.70 | Bi - 214 | 0.18 |
| 274.53 | Pb - 214 | 0.33 |
| 276.40 | Ba - 133 | 7.32 |
| 277.60 | Np - 239 | 14.20 |
| 279.19 | Hg - 203 | 81.55 |
| 279.54 | Se - 75 | 25.18 |
| 282.52 | Yb - 175 | 3.10 |
| 284.29 | I - 131 | 6.06 |
| 293.26 | Ce - 143 | 42.00 |
| 295.21 | Pb - 214 | 19.70 |
| 295.94 | Eu - 152 | 0.45 |
| 298.57 | Th - 160 | 26.90 |
| 300.09 | Pb - 212 | 3.41 |
| 302.85 | Ba - 133 | 18.71 |
| 304.84 | Ba - 140 | 4.30 |
| 304.86 | Kr - 85m | 13.70 |
| 312.40 | K - 42 | 18 |
| 314.20 | Pb - 214 | 0.79 |
| 319.41 | Nd - 147 | 1.95 |
| 320.08 | Cr - 51 | 9.83 |
| 328.77 | La - 140 | 20.50 |
| 329.43 | Eu - 152 | 0.15 |
| 333.03 | Au - 196 | 22.85 |
| 334.31 | Np - 239 | 2.04 |
| 338.40 | Ac - 228 | 11.40 |
| 340.57 | Cs - 136 | 48.55 |
| 344.28 | Eu - 152 | 22.67 |
| 345.95 | Hf - 181 | 12.00 |
| 351.92 | Pb - 214 | 38.90 |
| 355.73 | Au - 196 | 86.90 |
| 356.01 | Ba - 133 | 62.58 |
| 358.39 | Xe - 135 | 0.22 |
| 361.85 | I - 135 | 0.19 |
| 362.23 | Kr - 88 | 2.28 |
| 363.50 | Kr - 88 | 0.49 |
| 363.93 | Cs - 138 | 0.24 |
| 364.48 | I - 131 | 81.24 |
| 365.29 | Cs - 138 | 0.19 |
| 367.79 | Eu - 152 | 0.87 |
| 373.25 | Ba - 131 | 13.30 |
| 375.05 | Pu - 239 | 0.16 |
| 380.44 | Sb - 125 | 1.52 |
| 383.85 | Ba - 133 | 8.89 |
| 387.00 | Bi - 214 | 0.37 |
| 389.10 | Bi - 214 | 0.41 |
| 391.69 | Sn - 113 | 64.16 |
| 396.32 | Yb - 175 | 6.50 |
| 400.66 | Se - 75 | 11.56 |
| 402.58 | Kr - 87 | 49.60 |
| 405.74 | Bi - 214 | 0.17 |
| 407.99 | Xe - 135 | 0.36 |
| 411.12 | Eu - 152 | 2.27 |

| Энергия [кэВ] | Радионуклид | Интенсивность /100 распадов |
|------------------|-------------|--------------------------------|
| 411.80 | Au - 198 | 95.51 |
| 413.71 | Pu - 239 | 0.15 |
| 414.70 | Sb - 126 | 83.30 |
| 416.05 | Eu - 152 | 0.11 |
| 426.50 | Bi - 214 | 0.11 |
| 427.89 | Sb - 125 | 29.44 |
| 433.95 | Ag - 108m | 90.70 |
| 434.56 | Xe - 138 | 20.30 |
| 439.90 | Nd - 147 | 1.20 |
| 443.98 | Eu - 152 | 3.12 |
| 454.77 | Bi - 214 | 0.32 |
| 462.10 | Pb - 214 | 0.17 |
| 462.79 | Cs - 138 | 30.70 |
| 463.38 | Sb - 125 | 10.45 |
| 469.69 | Bi - 214 | 0.13 |
| 474.38 | Bi - 214 | 0.12 |
| 477.59 | Be - 7 | 1.03 |
| 479.57 | W - 187 | 21.13 |
| 480.42 | Pb - 214 | 0.34 |
| 482.16 | Hf - 181 | 83.00 |
| 487.03 | La - 140 | 45.50 |
| 487.08 | Pb - 214 | 0.44 |
| 488.66 | Eu - 152 | 0.42 |
| 496.28 | Ba - 131 | 43.78 |
| 497.08 | Ru - 103 | 89.50 |
| 497.50 | Kr - 89 | 6.80 |
| 503.39 | Eu - 152 | 0.16 |
| 510.57 | I - 133 | 1.84 |
| 511.00 | Co - 56 | 18.60 |
| 511.00 | Cu - 64 | 37.10 |
| 511.00 | Na - 22 | 90.00 |
| 511.00 | Y - 88 | 0.40 |
| 511.00 | Zn - 65 | 2.83 |
| 511.85 | Ru - 106 | 20.60 |
| 513.99 | Kr - 85 | 0.43 |
| 513.99 | Sr - 85 | 98.30 |
| 526.56 | Xe - 135m | 80.51 |
| 529.89 | I - 133 | 87.30 |
| 531.02 | Nd - 147 | 13.09 |
| 533.69 | Pb - 214 | 0.19 |
| 537.32 | Ba - 140 | 24.39 |
| 546.94 | Cs - 138 | 10.76 |
| 551.52 | W - 187 | 4.92 |
| 554.32 | Br - 82 | 70.60 |
| 555.61 | Y - 91M | 56.10 |
| 557.04 | Ru - 103 | 0.83 |
| 559.10 | As - 76 | 45.00 |
| 563.23 | Cs - 134 | 8.38 |
| 563.23 | As - 76 | 1.20 |
| 564.00 | Sb - 122 | 71.20 |
| 564.02 | Eu - 152 | 0.49 |
| 566.42 | Eu - 152 | 0.13 |
| 569.32 | Cs - 134 | 15.43 |
| 569.67 | Bi - 207 | 97.80 |

| Энергия [кэВ] | Радионуклид | Интенсивность /100 распадов |
|------------------|-------------|--------------------------------|
| 580.15 | Pb - 214 | 0.37 |
| 583.19 | Tl - 208 | 85.77 |
| 585.80 | Kr - 89 | 16.90 |
| 586.29 | Eu - 152 | 0.46 |
| 591.74 | Eu - 154 | 4.84 |
| 595.36 | I - 134 | 11.16 |
| 600.56 | Sb - 125 | 17.78 |
| 602.73 | Sb - 124 | 97.80 |
| 604.70 | Cs - 134 | 97.56 |
| 606.64 | Sb - 125 | 5.02 |
| 608.19 | Xe - 135 | 2.87 |
| 609.31 | Bi - 214 | 43.30 |
| 610.33 | Ru - 103 | 5.64 |
| 616.20 | Ru - 106 | 0.70 |
| 618.28 | W - 187 | 6.07 |
| 619.07 | Br - 82 | 4.31 |
| 621.79 | I - 134 | 10.59 |
| 621.84 | Ru - 106 | 9.81 |
| 635.90 | Sb - 125 | 11.32 |
| 636.97 | I - 131 | 7.27 |
| 645.86 | Sb - 124 | 7.38 |
| 652.30 | Sr - 91 | 2.97 |
| 652.90 | Sr - 91 | 8.02 |
| 653.00 | Sr - 91 | 0.37 |
| 656.48 | Eu - 152 | 0.15 |
| 657.05 | As - 76 | 6.17 |
| 657.71 | Rb - 89 | 10.10 |
| 657.76 | Ag - 110m | 94.64 |
| 661.66 | Cs - 137 | 85.21 |
| 665.45 | Bi - 214 | 1.25 |
| 666.31 | Sb - 126 | 99.60 |
| 667.69 | I - 132 | 98.70 |
| 671.15 | Eu - 152 | 0.23 |
| 675.89 | Au - 198 | 0.80 |
| 685.74 | W - 187 | 26.39 |
| 685.90 | Nd - 147 | 0.81 |
| 692.60 | Sb - 122 | 3.90 |
| 695.00 | Sb - 126 | 99.60 |
| 696.49 | Ce - 144 | 1.48 |
| 697.00 | Sb - 126 | 29.00 |
| 697.49 | Pr - 144 | 1.48 |
| 698.33 | Br - 82 | 27.90 |
| 702.63 | Nb - 94 | 100.00 |
| 703.11 | Bi - 214 | 0.47 |
| 715.76 | Eu - 154 | 0.18 |
| 719.86 | Bi - 214 | 0.41 |
| 720.50 | Sb - 126 | 53.80 |
| 722.79 | Sb - 124 | 10.76 |
| 722.89 | I - 131 | 1.80 |
| 722.95 | Ag - 108m | 91.50 |
| 723.30 | Eu - 154 | 19.70 |
| 724.20 | Zr - 95 | 44.10 |
| 727.17 | Bi - 212 | 7.56 |
| 739.50 | Mo - 99 | 13.00 |

| Энергия [кэВ] | Радионуклид | Интенсивность /100 распадов |
|------------------|-------------|--------------------------------|
| 749.80 | Sr - 91 | 23.60 |
| 752.84 | Bi - 214 | 0.13 |
| 756.73 | Zr - 95 | 54.50 |
| 763.94 | Ag - 110m | 22.20 |
| 765.79 | Nb - 95 | 99.79 |
| 768.36 | Bi - 214 | 5.04 |
| 772.60 | I - 132 | 76.20 |
| 772.91 | W - 187 | 3.98 |
| 773.67 | Te - 131m | 38.06 |
| 776.49 | Br - 82 | 83.40 |
| 777.88 | Mo - 99 | 4.62 |
| 778.91 | Eu - 152 | 12.96 |
| 785.46 | Bi - 212 | 1.26 |
| 785.91 | Pb - 214 | 1.10 |
| 786.10 | Bi - 214 | 0.32 |
| 793.75 | Te - 131m | 13.82 |
| 795.85 | Cs - 134 | 85.44 |
| 801.93 | Cs - 134 | 8.73 |
| 810.77 | Co - 58 | 99.45 |
| 815.80 | La - 140 | 23.50 |
| 818.50 | Cs - 136 | 99.70 |
| 834.83 | Mn - 54 | 99.98 |
| 834.83 | Kr - 88 | 13.10 |
| 839.03 | Pb - 214 | 0.59 |
| 845.44 | Kr - 87 | 7.34 |
| 846.70 | Co - 56 | 99.93 |
| 846.75 | Mn - 56 | 98.87 |
| 847.02 | I - 134 | 95.41 |
| 852.21 | Te - 131m | 20.57 |
| 856.70 | Sb - 126 | 17.60 |
| 860.56 | Tl - 208 | 12.00 |
| 863.96 | Co - 58 | 0.68 |
| 871.10 | Nb - 94 | 100.00 |
| 873.19 | Eu - 154 | 11.50 |
| 875.37 | I - 133 | 4.40 |
| 879.36 | Th - 160 | 29.50 |
| 884.09 | I - 134 | 64.88 |
| 884.69 | Ag - 110m | 72.68 |
| 889.26 | Sc - 46 | 99.98 |
| 898.02 | Y - 88 | 9.50 |
| 904.27 | Kr - 89 | 7.30 |
| 911.07 | Ac - 228 | 27.70 |
| 925.24 | La - 140 | 7.09 |
| 937.49 | Ag - 110m | 34.36 |
| 954.55 | I - 132 | 18.10 |
| 964.13 | Eu - 152 | 14.62 |
| 966.16 | Th - 160 | 25.00 |
| 969.11 | Ac - 228 | 16.60 |
| 989.03 | Sb - 126 | 6.80 |
| 996.32 | Eu - 154 | 10.30 |
| 1001.03 | Pa - 234m | 0.59 |
| 1004.76 | Eu - 154 | 17.89 |
| 1009.78 | Cs - 138 | 29.80 |
| 1024.30 | Sr - 91 | 33.40 |

| Энергия [кэВ] | Радионуклид | Интенсивность /100 распадов |
|------------------|-------------|--------------------------------|
| 1031.88 | Rb - 89 | 59.00 |
| 1037.80 | Co - 56 | 14.09 |
| 1043.97 | Br - 82 | 27.40 |
| 1048.07 | Cs - 136 | 79.72 |
| 1050.47 | Ru - 106 | 1.73 |
| 1063.62 | Bi - 207 | 74.91 |
| 1072.55 | I - 134 | 14.98 |
| 1076.70 | Rb - 86 | 8.78 |
| 1087.66 | Au - 198 | 0.16 |
| 1099.25 | Fe - 59 | 56.50 |
| 1112.12 | Eu - 152 | 13.56 |
| 1115.52 | Zn - 65 | 50.74 |
| 1120.29 | Bi - 214 | 15.70 |
| 1120.52 | Se - 469 | 9.99 |
| 1121.28 | Ta - 182 | 35.00 |
| 1128.00 | Ru - 106 | 0.40 |
| 1131.51 | I - 135 | 22.50 |
| 1140.20 | Sb - 122 | 0.57 |
| 1167.94 | Cs - 134 | 1.81 |
| 1173.24 | Co - 60 | 99.90 |
| 1177.94 | Th - 160 | 15.20 |
| 1189.05 | Ta - 182 | 16.30 |
| 1212.92 | As - 76 | 1.44 |
| 1216.08 | As - 76 | 3.42 |
| 1221.42 | Ta - 182 | 27.10 |
| 1228.52 | As - 76 | 1.22 |
| 1230.90 | Ta - 182 | 11.50 |
| 1235.34 | Cs - 136 | 19.78 |
| 1236.56 | I - 133 | 1.44 |
| 1238.11 | Bi - 214 | 5.94 |
| 1238.30 | Co - 56 | 66.95 |
| 1248.10 | Rb - 89 | 43.00 |
| 1257.00 | Sb - 122 | 0.77 |
| 1260.41 | I - 135 | 28.60 |
| 1274.45 | Eu - 154 | 35.50 |
| 1274.51 | Na - 22 | 99.95 |
| 1291.60 | Fe - 59 | 43.20 |
| 1293.64 | Ar - 41 | 99.16 |
| 1298.33 | I - 133 | 2.27 |
| 1317.47 | Br - 82 | 26.90 |
| 1318.00 | Fe - 59 | Парный пик |
| 1332.50 | Co - 60 | 99.98 |
| 1345.77 | Cu - 64 | 0.48 |
| 1368.53 | Na - 24 | 99.99 |
| 1377.82 | Bi - 24 | 45.06 |
| 1384.30 | Ag - 110m | 24.28 |
| 1408.01 | Eu - 152 | 20.85 |
| 1420.50 | Ba - 139 | 0.30 |
| 1435.86 | Cs - 138 | 76.30 |
| 1457.56 | I - 135 | 8.60 |
| 1460.75 | K - 40 | 10.70 |
| 1472.76 | Kr - 89 | 7.00 |
| 1489.15 | Ce - 144 | 0.30 |
| 1524.00 | K - 42 | 17.90 |

| Энергия [кэВ] | Радионуклид | Интенсивность /100 распадов |
|------------------|-------------|--------------------------------|
| 1529.77 | Kr - 88 | 11.10 |
| 1573.73 | Nb - 94 | 0.15 |
| 1596.48 | Eu - 154 | 1.67 |
| 1596.49 | La - 140 | 95.49 |
| 1642.40 | Cl - 38 | 32.80 |
| 1674.73 | Co - 58 | 0.52 |
| 1678.03 | I - 135 | 9.50 |
| 1690.98 | Sb - 124 | 47.30 |
| 1740.52 | kr - 87 | 2.04 |
| 1764.49 | Bi - 214 | 17.00 |
| 1768.26 | Xe - 138 | 16.70 |
| 1770.23 | Bi - 207 | 6.85 |
| 1771.40 | Co - 56 | 15.51 |
| 1791.20 | I - 135 | 7.70 |
| 1810.72 | Mn - 56 | 27.19 |
| 1836.01 | Y - 88 | 99.35 |
| 2004.75 | Xe - 138 | 12.30 |
| 2015.82 | Xe - 138 | 5.35 |
| 2090.94 | Sb - 124 | 5.58 |
| 2113.05 | Mn - 56 | 14.34 |
| 2167.50 | Cl - 38 | 44.00 |
| 2185.70 | Ce - 144 | 0.77 |
| 2195.84 | Kr - 88 | 13.30 |
| 2196.00 | Rb - 89 | 13.60 |
| 2204.22 | Bi - 214 | 4.98 |
| 2218.00 | Cs - 138 | 15.20 |
| 2323.10 | Sb - 124 | 0.24 |
| 2392.11 | Kr - 88 | 35.00 |
| 2554.80 | Kr - 87 | 9.23 |
| 2558.10 | Kr - 87 | 3.92 |
| 2570.14 | Rb - 89 | 10.00 |
| 2598.50 | Co - 56 | 16.74 |
| 2614.53 | TI - 208 | 99.79 |
| 2753.90 | Na - 24 | 99.84 |

ТАБЛИЦА IV6 ВОЗМОЖНЫЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ В ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИИ

| Нуклид | E_γ [кэВ] | P_γ | Период полураспада [д] | Нуклид - мишень | E_γ [кэВ] | P_γ | Период полураспада [д] |
|-------------------|---------------------|-------------------|------------------------------|--------------------|---------------------|------------|------------------------------|
| Cr-51 | 320.084 | 0.0985 | 27.71 | Np-239 | 315.88 | 0.013 | 2.35 |
| | | | | Rh-105 | 319.24 | 0.196 | 1.50 |
| | | | | Nd-147 | 319.4 | 0.022 | 11.06 |
| | | | | Ra-223 | 324.1 | 0.040 | U-235 |
| | | | | Rn-219 | 324.1 | 0.040 | U-235 |
| Mn-54 | 834.843 | 0.99975 | 312.5 | Bi-211 | 831.8 | 0.033 | U-235 |
| | | | | Pa-234 | 831.8 | 0.057 | U-238 |
| | | | | Pb-211 | 831.8 | 0.030 | U-235 |
| | | | | Ac-228 | 835.6 | 0.015 | Th-232 |
| Co-57 | 122.0614 | 0.8559 | 271.84 | Np-239 | 117.7 | 0.063 | 2.35 |
| | | | | Np-239 | 120.7 | 0.023 | 2.35 |
| | | | | Ra-223 | 122.4 | 0.011 | U-235 |
| | | | | Rn-219 | 122.4 | 0.011 | U-235 |
| Co-58 | 810.775 | 0.9945 | 70.78 | Pa-234 | 806.2 | 0.033 | U-238 |
| Fe-59 | 1099.251 | 0.561 | 44.53 | | | | |
| | 1291.569 | 0.436 | 44.53 | | | | |
| Co-60 | 1173.238 | 0.999 | 1925.5 | | | | |
| | 1332.502 | 0.999824 | 1925.5 | | | | |
| Zn-65 | 1115.546 | 0.504 | 243.9 | Bi-214 | 1120.4 | 0.136 | U-238 |
| | | | | Sc-46 | 1120.545 | 1.000 | 83.80 |
| Zr-95 | 724.199 | 0.440 | 64.09 | Sb-126 | 720.4 | 0.560 | 12.5 |
| | | | | Ce-143 | 722.0 | 0.045 | 1.40 |
| | | | | Sb-124 | 722.78 | 0.1126 | 60.2 |
| | | | | Sb-127 | 723.0 | 0.018 | 3.85 |
| | | | | Bi-212 | 727.17 | 0.065 | Th-232 |
| | | | | La-140 | 751.79 | 0.0441 | 1.6779 |
| | | | | | 756.729 | 0.543 | 64.09 |
| Nb-95 | 765.8 | 0.998 | 35.0 | Ag-110m | 763.928 | 0.224 | 249.79 |
| | | | | Bi-214 | 768.7 | 0.042 | U-238 |
| | | | | | | | |
| Mo-99/ Te-99m | 140.466 | 0.8896 | (2.7476) | Co-57 | 136.4743 | 0.1058 | 271.84 |
| | | | | U-235 | 143.78 | 0.097 | 2.57x10 ¹¹ |
| | | | | Rn-219 | 144.3 | 0.032 | U-235 |
| | | | | Ra-223 | 144.3 | 0.032 | U-235 |
| | | | | Ce-141 | 145.4442 | 0.489 | 32.5 |
| | 181.057 | 0.0603 | 2.7476 | Sb-125 | 176.334 | 0.0689 | 1008.1 |
| | | | | Cs-136 | 176.75 | 0.132 | 13.7 |
| | | | | U-235 | 185.72 | 0.54 | 2.57x10 ¹¹ |
| | | | | Pa-234 | 186.0 | 0.019 | U-238 |
| | | | | Ra-226 | 186.211 | 0.0351 | 584400 |
| | 366.421 | 0.0122 | 2.7476 | I-131 | 364.48 | 0.816 | 8.021 |
| | | | | Pa-234 | 369.8 | 0.034 | U-238 |
| | 739.5 | 0.1231 | 2.7476 | Pa-234 | 742.8 | 0.029 | U-238 |
| | 777.921 | 0.0433 | 2.7476 | Ag-110m | 744.26 | 0.0464 | 249.79 |
| | | | | Te-131m | 773.7 | 0.46 | 1.25 |
| | | | Te-131m | 782.7 | 0.067 | 1.25 | |
| Ru-103 | 497.080 | 0.909 | 39.272 | Cd-115 | 492.29 | 0.081 | 2.23 |
| Ru-106/ Rh-106 | 621.84 1050.47 | 0.0995 0.01452 | (372.6) (367) | Ag-110m | 620.35 | 0.0277 | 249.79 |
| Ag-110m | 657.749 | 0.94652 | 49.79 | Cs-136 | 1048.1 | 0.80513.7 | |
| | | | | Sb-126 | 656.2 | 0.028 | 12.5 |
| | | | | Cs-137 | 661.66 | 0.850 | 10958 |
| | | | | Pa-234 | 880.8 | 0.130 | U-238 |
| | | | | Pa-234 | 883.2 | 0.120 | U-238 |
| | 884.667 | 0.734 | 249.79 | Sc-46 | 889.277 | 1.000 | 83.8 |
| | 1384.27 | 0.247 | 249.79 | | | | |

| Нуклид | E _γ [кэВ] | P _γ | Период полураспада [д] | Нуклид - мишень | E _γ [кэВ] | P _γ | Период полураспада [д] |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------------|----------------|------------------------------|
| Sb-124 | 602.72 | 0.9792 | 60.2 | Sb-125 | 600.557 | 0.178 | 1008.1 |
| | | | | Sb-127 | 603.6 | 0.0423.85 | |
| | | | | Ir-192 | 604.414 | 0.0819 | 73.831 |
| | | | | Cs-134 | 604.699 | 0.976 | 754.2 |
| | | | | Sb-126 | 605.0 | 0.024 | 12.5 |
| | 606.641 | 0.0502 | 1008.1 | | | | |
| | 1691.02 | 0.488 | 60.2 | | | | |
| Sb-125 | 176.334 | 0.0689 | 1008.1 | Cs-136 | 176.75 | 0.132 | 13.7 |
| | | | | Mo-99 | 181.057 | 0.0603 | 2.7476 |
| | | | | Ba-140 | 423.69 | 0.0315 | 12.751 |
| | | | | Bi-211 | 426.9 | 0.019 | U-235 |
| | | | | Pb-211 | 427.1 | 0.019 | U-235 |
| | | | | La-140 | 432.55 | 0.0299 | 1.6779 |
| | | | | Sb-124 | 602.72 | 0.9792 | 60.2 |
| | | | | Sb-127 | 603.6 | 0.042 | 3.85 |
| | | | | Ir-192 | 604.414 | 0.0819 | 75.1 |
| | | | | Cs-134 | 604.699 | 0.976 | 754.2 |
| | 605.0 | 0.024 | 12.4 | | | | |
| | 635.895 | 0.1132 | 1008.1 | I-131 | 636.973 | 0.0712 | 8.021 |
| I-131 | 364.48 | 0.816 | 8.021 | TI-210 | 360.0 | 0.040 | U-238 |
| | | | | Mo-99 | 366.421 | 0.0122 | 2.7476 |
| | | | | Pa-234 | 369.8 | 0.034 | U-238 |
| Cs-134 | 604.699 | 0.976 | 754.2 | Sb-125 | 600.557 | 0.178 | 1008.1 |
| | | | | Sb-124 | 602.72 | 0.9792 | 60.2 |
| | | | | Sb-127 | 603.6 | 0.042 | 3.85 |
| | | | | Ir-192 | 604.414 | 0.0819 | 73.831 |
| | | | | Sb-126 | 605.0 | 0.024 | 12.5 |
| | | | | Sb-125 | 606.641 | 0.0502 | 1008.1 |
| | | | | Bi-214 | 609.3 | 0.412 | U-238 |
| | | | | Te-131m | 793.6 | 0.159 | 1.25 |
| | | | | TI-210 | 795.0 | 1.000 | U-238 |
| | | | | Ac-228 | 795.0 | 0.039 | Th-232 |
| | | | | Pa-234 | 796.6 | 0.039 | U-238 |
| | 800.5 | 0.010 | 9.62 | | | | |
| Cs-137 | 661.66 | 0.850 | 10958 | Ag-100m | 657.749 | 0.9465 | 249.79 |
| | | | | Ce-143 | 664.0 | 0.050 | 1.40 |
| | | | | Te-131m | 665.0 | 0.035 | 1.25 |
| | | | | Bi-214 | 666.0 | 0.022 | U-238 |
| | | | | Sb-126 | 666.2 | 1.000 | 12.5 |
| | | | | | | | |
| Ba-140/ La-140 | 162.9 | 0.0621 | 12.751 | Te-123m | 158.96 | 0.840 | 119.7 |
| | | | | U-235 | 163.36 | 0.045 | 2.57x10 ¹¹ |
| | | | | Cs-136 | 164.04 | 0.045 | 13.7 |
| | 328.77 | 0.2074 | (12.751) | Ra-223 | 324.1 | 0.04 | U-235 |
| | | | | Rn-219 | 324.1 | 0.04 | U-235 |
| | | | | Ac-228 | 328.3 | 0.026 | Th-232 |
| | | | | Th-227 | 329.7 | 0.023 | U-235 |
| | | | | Pa-231 | 329.9 | 0.01 | U-235 |
| | | | | Ir-192 | 484.578 | 0.032 | 73.831 |
| | 487.03 537.38 815.83 | 0.4594 0.2439 0.2364 | (12.751) 12.751 (12.751) | Ag-110m | 818.02 | 0.073 | 249.79 |
| | | | | Cs-136 | 818.48 | 1.000 | 13.7 |
| | | | | Pa-234 | 819.7 | 0.027 | U-238 |
| | | | | | | | |
| 1596.49 | 0.954 | (12.751) | | | | | |
| Ce-141 | 145.4442 | 0.489 | 32.5 | Tc-99m | 140.466 | 0.8896 | 2.7476 |
| | | | | U-235 | 143.78 | 0.097 | 2.57x10 ¹¹ |
| | | | | Rn-219 | 144.3 | 0.032 | U-235 |
| | | | | Ra-223 | 144.3 | 0.032 | U-235 |
| | | | | Te-131m | 149.7 | 0.242 | 1.25 |

| Нуклид | E_γ [кэВ] | P_γ | Период полураспада [д] | Нуклид - мишень | E_γ [кэВ] | P_γ | Период полураспада [д] |
|--------|---------------------|------------|------------------------------|--------------------|---------------------|------------|------------------------------|
| Ce-144 | 133.544 | 0.1109 | 284.45 | Ac-228 | 129.1 | 0.021 | Th-232 |
| | | | | Pa-234 | 131.2 | 0.200 | U-238 |
| | | | | Co-57 | 136.4743 | 0.1058 | 271.84 |

$\Delta E_\gamma = \pm 5 \text{ keV}$; $t_r = > 1 \text{ d}$; $p_\gamma = > 0.01$

ТАБЛИЦА IV7: ТИПИЧНЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ, СОДЕРЖАЩИЕСЯ В ВЫБРОСЕ ВСЛЕДСТВИЕ РАЗЛИЧНЫХ ЯДЕРНЫХ АВАРИЙ

| Сценарий ядерной аварии | Значимый радионуклид ^(в) | | |
|--|--|--|--|
| | Первый день ^(а) | Первая неделя ^(б) | Долговременный период |
| Расплавление активной зоны реактора с отказом защитной оболочки или без отказа | Y-90, Sr-91, Y-93, Nb-96, Zr-90, Mo-99, Rh-105, Pd-109, Ag-111, Pd-112, Cd-115, Sn-121, Sn-125, Sb-126, I-131, I-132, Te-131m, Te-132, I-133, I-135 , La-140, Pr-142, Ce-143, Pr-143, Ba-146, Nd-147, Pm-149, Pm-151, Eu-152m, Sm-153, Sm-156, Eu-157, Np-239 | Rh-86, Sr-89, Y-90 , Y-91, Nb-95, Zr-95 , Nb-96, Mo-99, Tb-160, Ru-103, Rh-105, Ag-111, Pd-112, Cd-115, Cd-115m, Sn-121, Sb-124, Sn-125, Sb-127, I-131, Te-131m, Te-132, I-133, Cs-136, Ba-140, La-140 , Ce-141, Ce-143, Pr-143, Nd-147, Pm-149, Pm-151, Sm-153, Np-239 | H-3, Sr-89, Sr-90 , Y-91, Nb-93m, Nb-95, Ru-103, Ru-106, Ag-110m, Cd-113m, Cd-115m, Sn-121m, Sn-123, Sb-124, Sb-125, I-129, Cs-134, Cs-137 , Ce-141, Ce-144, Pm-147, Tb-160, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Am-241, Pu-241, Cm-242 , Pu-242, Am-243, Cm-244 |
| Расплавление активной зоны реактора с частичной защитной оболочкой | H-3, Rb-88, Sr-89, Sr-90, Y-90, Sr-91, Y-91, Ru-103, Ru-105, Ru-106, I-121, I-123, I-132, I-134, I-135, Cs-136, Cs-138, Cs-139, Ba-139, Ba-140, La-140 | H-3, Sr-89, Sr-90, Ru-103, Ru-105, Ru-106, I-131, I-133, Ba-140, La-140 | H-3, Sr-89, Sr-90, Tc-99, Ru-103, Ru-106, I-129, I-131, Cs-137 |
| Выброс с завода по переработке ядерного топлива | Sr-90, Nb-95, Zr-95, Tc-99, Ru-103, Ru-106, I-129, I-131, Cs-134, Cs-137, Ce-141, Ce-144, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Am-241, Pu-241, Cm-242, Pu-242, Am-243, Cm-244 | | |
| Выброс с завода по переработке плутониего топлива | Pu-238, Pu-239, Pu-240, Am-241, Pu-241, Pu-242 | | |

(а) Радионуклиды с периодом полураспада 6 часов и более

(б) Радионуклиды с периодом полураспада около 1 дня и более

(в) Выделенные жирным шрифтом радионуклиды являются особенно значимыми.

ТАБЛИЦА IV8: ТИПИЧНЫЕ ГАММА-ИЗЛУЧАЮЩИЕ РАДИОНУКЛИДЫ, СОДЕРЖАЩИЕСЯ В ВЫБРОСЕ ПРИ АВАРИИ РЕАКТОРА

| Радионуклид | Период полураспада [дни] | Энергия E [кэВ] | Излучающая способность P _r |
|-------------|--------------------------|-----------------|---------------------------------------|
| Cr-51 | 27.706 | 320.08 | 0.0986 |
| Mn-54 | 312.3 | 834.84 | 0.999758 |
| Co-57 | 271.79 | 122.06 | 0.8560 |
| | | 136.47 | 0.1068 |
| Co-58 | 70.86 | 810.78 | 0.9945 |
| Co-60 | 1925.5 | 1173.24 | 0.99857 |
| | | 1332.50 | 0.99983 |
| Fe-59 | 44.54 | 1099.25 | 0.561 |
| | | 1251.57 | 0.436 |
| Zn-65 | 244.26 | 1115.55 | 0.5060 |
| Zr-95 | 64.26 | 724.20 | 0.4417 |
| | | 756.73 | 0.5446 |
| Nb-95 | 34.975 | 765.81 | 0.9981 |
| Mo-99 | 2.7476 | 140.47 | 0.905 |
| | | 739.50 | 0.1231 |
| Tc-99m | 0.25028 | 140.47 | 0.8906 |
| Ru-103 | 39.272 | 497.08 | 0.909 |
| Ru-106 | 372.6 | 621.84 | 0.0995 |
| (Rh-106) | | 1050.47 | 0.0147 |
| Ag-110m | 249.79 | 657.76 | 0.953 |
| | | 884.69 | 0.732 |
| | | 937.49 | 0.346 |
| Sb-124 | 60.20 | 602.73 | 0.9789 |
| | | 722.78 | 0.108 |
| | | 1690.98 | 0.476 |
| Sb-125 | 1007.7 | 427.88 | 0.297 |
| | | 463.38 | 0.1048 |
| | | 600.60 | 0.1773 |
| | | 635.95 | 0.1121 |
| Sb-127 | 3.85 | 473.61 | 0.247 |
| | | 685.7 | 0.353 |
| | | 784.0 | 0.145 |
| I-131 | 8.0207 | 284.30 | 0.0620 |
| | | 364.48 | 0.816 |
| I-132 | 0.0956 | 522.65 | 0.160 |
| | | 667.72 | 0.987 |
| I-133 | 0.867 | 529.87 | 0.87 |
| | | 875.33 | 0.451 |
| Te-129 | 0.04833 | 459.52 | 0.077 |
| Te-129m | 33.6 | 695.84 | 0.030 |
| Te-132 | 3.204 | 228.16 | 0.88 |
| Cs-134 | 754.28 | 604.72 | 0.9763 |
| | | 795.86 | 0.854 |
| Cs-136 | 13.16 | 340.55 | 0.422 |
| | | 818.51 | 0.997 |
| | | 1048.07 | 0.80 |
| Cs-137 | 1,102 E4 | 661.66 | 0.851 |
| Ba-140 | 12.751 | 537.31 | 0.2439 |
| La-140 | 1.6779 | 328.76 | 0.206 |
| | | 487.02 | 0.455 |
| | | 1596.21 | 0.954 |
| Ce-141 | 32.501 | 145.44 | 0.480 |
| Ce-144 | 284.893 | 133.52 | 0.1109 |

ПРИЛОЖЕНИЕ V ДЕЙСТВУЮЩИЕ УРОВНИ ВМЕШАТЕЛЬСТВА

Международные рекомендации [5,13] определяют *общие уровни вмешательства* (ОУВ), при которых следует проводить неотложные и долговременные защитные мероприятия для населения и *общие уровни действия* (ОУД), при которых следует вводить контроль над пищевыми продуктами. Эти уровни были выбраны таким образом, чтобы осуществление защитных мероприятий принесло больше пользы, чем вреда, то есть, чтобы предотвращенный риск, связанный с предотвращенной дозой был больше, чем ущерб от проведения защитных мероприятий. Это также означает, что осуществление защитных мероприятий с использованием значений, значительно ниже или выше принятых, может увеличить общий риск для населения или работников.

ОУВ и ОУД были разработаны не для использования **во время** аварийной ситуации; эти показатели не могут быть быстро измерены в полевых условиях и не отражают состояние объекта. Однако, они должны быть использованы на этапе планирования для разработки *действующих уровней вмешательства* (ДУВ). Эти уровни могут быть легко измерены во время аварийной ситуации: мощность амбиентной дозы в облаке или от выпадений, концентрации радионуклидов маркеров в выпадениях или продуктах. Используя эти уровни, можно быстро определить необходимость проведения защитных мероприятий.

В Таблице V1 представлены установленные по умолчанию значения действующих уровней вмешательства для реакторных аварий и допущения, использовавшиеся при их расчете [3]. В [3] представлены также защитные мероприятия, которые следует осуществить, если измеренные значения параметров окружающей среды превышают ДУВ. Используя представленные в [3] инструкции, следует как можно быстрее пересчитать значения ДУВ с учетом результатов анализа фактических проб.

ТАБЛИЦА V1: ДЕЙСТВУЮЩИЕ УРОВНИ ВМЕШАТЕЛЬСТВА В СЛУЧАЕ АВАРИИ НА РЕАКТОРЕ

| Параметр | ДУВ | Установленное по умулчанию значение | Резюме допущений для расчетов установленных по умулчанию значений |
|---|-------|---|---|
| Мощность амбиентной дозы в облаке | ДУВ1 | 1 мЗв/ч ^(а) | Рассчитано при следующих допущениях: уменьшенный выброс вследствие аварии с расплавлением активной зоны, ингаляционная доза в 10 раз превышает дозу от внешнего облучения, облучение от облака в течение 4 часов, предотвращенная доза при проведении защитного мероприятия 50 мЗв. При отсутствии свидетельств повреждения активной зоны ДУВ1 = 10 мЗв/ч. |
| | ДУВ 2 | 0.1 мЗв/ч | Рассчитано при следующих допущениях: уменьшенный выброс вследствие аварии с расплавлением активной зоны, доза на цитовидную железу от ингаляционного поступления радиойода в 200 раз превышает дозу от внешнего облучения, предотвращенная доза при проведении защитного мероприятия 100 мЗв. |
| | ДУВ 3 | 1 мЗв/ч | Рассчитано при следующих допущениях: предотвращенная доза при проведении защитного мероприятия 50 мЗв, период облучения – 1неделя, примерно 75% дозы уменьшается в результате распада радионуклидов, укрытия людей и их занятий. |
| | ДУВ 4 | 0.2 мЗв/ч | Рассчитано при следующих допущениях: предотвращенная доза при проведении защитного мероприятия 30 мЗв за 30 дней, содержание радионуклидов в выпадениях типично для 4-го дня после расплавления активной зоны, 50% уменьшение дозы в результате распада радионуклидов, занятости людей и выветривания. Действительно в течение 2-7 дней после остановки реактора. |
| | ДУВ 5 | 1 мЗв/ч | Рассчитано при допущении, что на любой территории, где мощность дозы от выпадений превышает фоновый уровень, загрязнение продуктов может превышать ОУД. Данное допущение оправдано для большинства аварий с расплавлением активной зоны при непосредственном загрязнении пищевых продуктов или получении молока от коров, поедавших загрязненную траву. |
| Концентрация радионуклида маркера в выпадениях на почву | | Продукты общего потребления | Примечание: для козьего молока умножить ДУВ6 и ДУВ 7 на 0.10 |
| I-131 | ДУВ 6 | 10 кБк/м ² 2 кБк/м ² | Рассчитано при следующих допущениях: а) преобладание I-131 (типично для смеси свежих продуктов деления, в течение 1-2 месяцев после остановки), б) продукты загрязнены непосредственно (поверхностно) или молоко получено от коров, поедавших загрязненную траву, в) продукты потребляются немедленно без предварительной обработки для уменьшения загрязнения. |
| Cs-137 | ДУВ 7 | 2 кБк/м ² 10 кБк/м ² | Рассчитано при следующих допущениях: а) преобладание Cs-137 (типично для смеси старых продуктов деления, отработанное топливо или выбросы из активной зоны более чем через 2 месяца после остановки), б) продукты загрязнены непосредственно (поверхностно) или молоко получено от коров, поедавших загрязненную траву, в) продукты потребляются немедленно без предварительной обработки для уменьшения загрязнения. |

| Параметр | ДУВ | Установленное по умолчанию значение | | Резюме допущений для расчетов установленных по умолчанию значений |
|---|------|-------------------------------------|---------------|---|
| | | Продукты общего потребления | Молоко и вода | |
| Концентрация радионуклида маркера в продуктах, молоке, воде | ДУВ8 | 1 кБк/кг | 0.1 кБк/кг | Рассчитано при следующих допущениях: а) преобладание I-131 (типично для смеси свежих продуктов деления, в течение 1-2 месяцев после остановки), б) продукты загрязнены непосредственно (поверхностно) и потребляются немедленно без предварительной обработки для уменьшения загрязнения. |
| | | ДУВ9 | 0.3 кБк/кг | |
| I-131 | ДУВ8 | 1 кБк/кг | 0.1 кБк/кг | Рассчитано при следующих допущениях: а) преобладание Cs-137 (типично для смеси старых продуктов деления, отработанного топлива или выбросов из активной зоны более чем через 2 месяца после остановки), б) продукты загрязнены непосредственно (поверхностно) и потребляются немедленно без предварительной обработки для уменьшения загрязнения. |
| Cs-137 | ДУВ9 | 0.2 кБк/кг | 0.3 кБк/кг | |

(а) При отсутствии свидетельств повреждения активной зоны, ДУВ1 = 10 мЗв/ч.

ПРИЛОЖЕНИЕ VI СТРАТЕГИЯ И МЕТОДЫ ОТБОРА ПРОБ

Ниже представлены некоторые рассуждения и рекомендации, касающиеся стратегии и методов отбора проб, взятые из Программы профессионального обучения, Объединенные университеты Ок-Риджа, сентябрь 1997.

ОТБОР ПРОБ ВОЗДУХА

Отбор проб воздуха используется для измерения AMBIENTНОЙ концентрации радионуклидов.

Поскольку некоторые радионуклиды сложно отобрать и/или проанализировать, их концентрация может быть оценена опосредованно (например, с помощью ТЛД).

Как правило, местоположение отбора проб выбирается следующим образом:

- i. Вдоль ограждения объекта;
- ii. В месте проживания, характеризующимся наиболее высокой предполагаемой концентрацией радионуклидов на земле (или в выпадениях).
- iii. В городе/населенном пункте, расположенном в пределах 15 км от места с наиболее высокой предполагаемой концентрацией радионуклидов на земле (или в выпадениях).
- iv. В месте/местах за пределами площадки с наиболее высокой предполагаемой средней концентрацией радионуклидов на земле.

Вообще говоря, расположения мест с наиболее высокой концентрацией радионуклидов на земле прогнозируется с помощью расчетов атмосферной дисперсии при использовании компьютера.

Место должно быть удалено от резких перепадов местности (например, обрывов или холмов) или других объектов, которые могут создать необычные ограниченные метеорологические условия (строений, транспорта, деревьев и т.д.).

Место должно располагаться с наветренной стороны от больших близлежащих объектов (строений, деревьев), а не с подветренной. Иногда рекомендуется, чтобы место отбора проб с подветренной стороны от большого объекта располагалось, по крайней мере, на расстоянии, в 5 раз превышающем высоту объекта. Рекомендуется, чтобы расстояние от воздухозаборника до препятствия (например, здания) по крайней мере, в два раза превышало высоту, на которую препятствие выдается над воздухозаборником. Также рекомендуется, чтобы минимальное расстояние от места падения капель дождя с дерева было 10 м, если расстояние в два раза меньше высоты, на которую дерево выдается над воздухозаборником. Если место отбора проб находится на крыше здания, воздухозаборник должен находиться, по крайней мере, на расстоянии 2 метров от любой стены и достаточно удален от обогревателя или дымовой трубы.

Проверка утечки в воздушном насосе

Проверка утечки может быть осуществлена путем установки вместо фильтра тонкого кусочка пластикового профиля, такого же размера, как и фильтр, установки

барботера сразу же за указателем скорости потока и включением насоса. Поток пузырьков сквозь раствор барботера означает наличие утечки. Более простой (и грубый) способ заключается в проведении указанной выше изоляции головки пробозаборника и включении насоса. Если указатель скорости потока свидетельствует о наличии любого потока газа, имеется утечка. Более сложный подход заключается в следующем: соединить измеритель давления (например, u-образный манометр) с контуром, создать вакуум и герметизировать систему ниже указателя скорости потока. Если вакуум не сохраняется в течение минуты, имеется утечка. Данное оборудование обычно не способно противостоять слишком низкому давлению, поэтому следует быть осторожным, чтобы во время теста не причинить оборудованию больше вреда, чем пользы.

Не установленная утечка может явиться основным источником ошибок. Для сведения таких ошибок к минимуму, используйте высококачественные принадлежности, как можно меньше соединений, и избегайте использовать гибкие шланги выше указателя скорости потока. Гибкие шланги растягиваются, а также разрушаются под действием факторов окружающей среды более часто, чем металлические. Кроме того, они более подвержены сжатию, поскольку линия находится под отрицательным давлением.

Фильтры, указатели скорости потока и насосы

Типы фильтров

Наиболее часто используемыми фильтрами при отборе проб воздуха являются стекловолоконные, поскольку они могут работать при падении низкого давления даже при высокой скорости потока и значительном поступлении пыли во время отбора проб воздуха из окружающей среды. Чем ниже падает давление при прохождении сквозь фильтр, тем меньше нагрузка и, как правило, более точны показания о скорости потока. Стекловолоконные фильтры также характеризуются малыми потерями при измерении альфа-излучения. Основным недостатком стекловолоконных фильтров является их устойчивость к химическому дигерированию, необходимость проведения радиохимического анализа. Целлюлозные фильтры прочные и поддаются химическому дигерированию. К сожалению, они имеют несколько недостатков: частицы оседают по глубине фильтра, что приводит к значительным потерям во время альфа-счета. Более того, эффективность фильтрации значительно падает при уменьшении скорости столкновений. Мембранные фильтры легко обрабатывать радиохимически, поскольку осаждение происходит на поверхности фильтра, потери при альфа счете минимальны. Существенной проблемой является то, что воздух окружающей среды может быть достаточно грязным и это значительно повысит падение давления поперек мембранных фильтров. Для поддержания падения давления на минимальном уровне используйте мембранные фильтры с большим размером пор, например от 3 до 5 мкм. Это оказывает очень небольшое влияние на эффективность фильтрации, так как сбор частиц на фильтре происходит за счет улавливания и диффузии, а не за счет просеивания сквозь фильтр.

Размеры фильтров и указатели скорости потока

Протокол отбора проб зависит от вида и частоты проведения требуемого анализа. Используемый для альфа-/бета-счета детектор (например, газопроточный пропорциональный счетчик) имеет относительно высокую эффективность (30-40%). Эффективность систем, используемых для определения отдельных радионуклидов (системы гамма-спектрометрии), ниже (несколько процентов), и поэтому на них можно определять пробы высокой активности.

Если требуется частое проведение анализа отдельных радионуклидов, может оказаться необходимым использовать большие фильтры и высокую скорость потока для того, чтобы получить пробы достаточной активности. Преимуществом меньших фильтров является то, что они могут анализироваться непосредственно в типичных счетчиках (газопоточный пропорциональный, Гейгера-Мюллера или сцинтилляционный), в то время как большие фильтры должны быть разрезаны для проведения измерений. Удостоверьтесь в использовании сочетания соответствующего фильтра и держателя фильтра.

Йод обычно собирают с помощью активированного угольного фильтра. Хотя серебряные цеолиты характеризуются более низким удержанием инертных газов, они слишком дороги для рутинного использования. Анализ обычно проводится с помощью гамма-спектрометрии.

Там, где население может получить значительную дозу от радиойода, возможно требование проведения оценки различных видов йода (элементарный, органический НОI). Это может быть проведено путем отбора проб на фильтр, в емкость с йодидом кадмия для элементарного йода, в емкость с йодофенолом для НОI, и в емкость с серебряными цеолитами для органического йода. Хотя все формы йода могут попасть в организм ингаляционным путем, только элементарный йод может проходить по пищевой цепочке после выпадения на почву и овощи.

Поскольку поглощение водой может повлиять на эффективность отбора йода, не следует использовать емкость с углем более одной недели, если только вы не работаете в условиях очень сухого климата. Более того, короткоживущие изотопы ^{131}I (8 дней) требуют проведения быстрого отбора проб и их анализа.

Инертные газы

Инертные газы (ксенон, криптон и аргон) могут быть отобраны с помощью угольных фильтров, однако низкая эффективность процесса и низкие концентрации делают процедуру непрактичной при наличии низких активностей газов в воздухе.

На большинстве объектов принято допущение, что мощности дозы, измеряемые ТЛД, отражают, хотя бы частично, концентрации инертных газов.

Объемы воздуха порядка 1 м^3 могут быть собраны под давлением в соответствующий железный контейнер. Затем концентрации инертных газов могут быть измерены с помощью стандартных гамма-спектрометров.

Можно собрать большие объемы воздуха криогенным способом, хотя это и сложно. Затем инертные газы разделяются в хроматографических колонках, и их активность измеряется с помощью жидкостного сцинтилляционного счетчика.

Другая возможность заключается в проведении мониторинга инертных газов с использованием прибора мониторинга частиц, йода, инертных газов в окружающей среде. В указанном приборе воздух проходит через фильтр для удаления частиц, уголь используется для удаления радиойода, и детектор, через который проходит поток, реагирует только на оставшиеся радиоактивные материалы (инертные газы). Ответ детектора должен калиброваться с помощью смеси газов, утечка которых может произойти на объекте.

Тритий

Атмосферный тритий в форме НТО обычно отбирается путем поглощения силикогелем. Рекомендуемый метод использует пропускание воздуха через цилиндр размером 3 x 30 см из стали или стекла (не пластика), заполненный силикогелем. Скорость потока через цилиндр примерно 0.1 литр в минуту. Затем проводят сбор НТО с помощью дистилляции и считают на жидкостном сцинтилляционном счетчике. Альтернативный способ сбора основан на молекулярном просеивании, барботирование с использованием этиленгликоля или воды и конденсации в холодной ловушке.

Данная процедура не используется для отбора трития в газообразной форме (НТ), однако он является менее значимым с точки зрения формирования доз на население.

ОТБОР ПРОБ ВОДЫ

Поверхностная вода

К поверхностным водам относятся ручьи, реки, озера, пруды и т.п. Используемый здесь данный термин не обязательно предполагает, что проба отбирается на малой глубине.

Местоположение отбора проб – общие аспекты

- i. В точке использования, т.е. в зонах рекреации, местах общественного водозабора и т.д.
- ii. В местах, где используется вода, или где отбирается вода для животных (например, для скота)
- iii. В местах, где вода используется для ирригации урожая.

Места отбора проб на реках, ручьях, заливах

Главный вопрос состоит в том, является ли одинаковой концентрация радионуклидов в воде в месте отбора проб. Если она одинакова, репрезентативную пробу можно получить без смешивания. При выборе места отбора проб следует рассмотреть следующее:

- i. Вообще, концентрации радионуклидов вдоль ручья/реки становятся более равномерными при движении вниз по течению. Даже при этом, перемешивание может быть неполным даже на расстоянии километров от точки выброса радионуклидов вниз по течению, – особенно в больших водоемах с медленным движением воды.
- ii. Концентрации радионуклидов в реке становятся более равномерными при движении вниз по течению от мест бурного течения (т.н. спокойная вода).
- iii. Концентрации радионуклидов в реке становятся более равномерными при движении вниз по течению от извилистых участков реки.
- iv. Концентрации радионуклидов будут более равномерными в реке с участками различной ширины и глубины.
- v. Также более вероятно хорошее перемешивание радионуклидов вверх по течению от места слияния рек, а не вниз по течению от такого места. При этом следует избегать участков реки вверх по течению, непосредственно прилегающих к месту слияния рек.

Фоновые пробы обычно отбираются вверх по течению от объекта выброса. Следует проявлять осторожность при выполнении данного действия на реках, расположенных вблизи от морского побережья. Пробы должны отбираться достаточно далеко вверх по течению для того, чтобы избежать влияния приливов и отливов.

Отбор репрезентативных проб в устье реки или около него может представлять собой трудное мероприятие, поскольку температурное различие между пресной и соленой водой может привести к расслоению воды (стратификации). Пробы воды должны быть проанализированы на предмет наличия соли. Сложность ситуации усугубляется временной вариабельностью концентрации, которая может возникнуть в связи с приливом и отливом. В таких зонах может оказаться необходимым отбирать большее количество проб и соотносить время отбора пробы к приливоотливным условиям. Вообще пробы воды отбираются во время последовательных слабых приливов и отливов.

Если несколько проб отбираются вдоль течения, они должны быть отобраны:

- i. там, где имеется заметное физическое изменение потока,
- ii. в местах, где имеются дамбы, запруды, слияния рек, сливы канав и т.д.

В местах, где поток относительно прямой и вода хорошо перемешана, будет достаточно одного места отбора проб: на средней глубине в центре потока. Если проба отбирается не посередине, а сбоку, то лучше проводить отбор с наружного берега по отношению к излучине реки, где течение быстрее.

Для рек большего размера и с меньшей степенью перемешивания воды требуется смесь воды с различных участков (в отличие от вышеописанной зависимости от времени). Это будет включать в себя, по крайней мере, смесь проб по следующей вертикали отбора: проба, отобранная сразу ниже поверхности воды, проба со срединной глубины и проба, отобранная сразу над поверхностью дна.

Для больших рек, где вода чаще всего не перемешивается хорошо, зачастую рекомендуется, чтобы вдоль реки в данном месте отбиралась проба, состоящая из 3-5 смесей по вертикали. Иногда указывается, чтобы места отбора находились поперек реки на равном расстоянии (например, одна четвертая ширины реки). Это может подойти во многих случаях, но особенно для больших рек, поскольку места отбора проб должны отражать объемный поток реки.

Места отбора проб в озерах и прудах

В озерах и прудах вода перемешивается в меньшей степени, чем в реках и ручьях, и существует большая тенденция к расслоению воды. Поэтому требуется отбирать большее количество проб. Расслоение воды происходит преимущественно вследствие температуры. Поэтому может оказаться полезным определение температурного профиля воды и проведение независимого отбора различных слоев.

- i. Для небольших водохранилищ или прудов может оказаться достаточным отобрать одну смесь по вертикали в самой глубокой точке. В естественных прудах эта точка обычно будет располагаться около центра. В искусственных прудах наиболее глубокая точка скорее будет располагаться около дамбы, чем около центра.
- ii. Для озер и больших водохранилищ потребуются отбор нескольких смесей по вертикали. Они могут быть отобраны в одном поперечнике, нескольких поперечниках или в соответствии с сеткой.

Фоновые пробы следует отбирать на некотором расстоянии от объекта в месте, неподверженном воздействию выброса с объекта. Если такое место нельзя найти, пробу следует отобрать в близлежащем водоеме, сходном с данным, и не подверженном воздействию объекта.

Состояние потока и вариабельность концентраций

Концентрация радионуклидов в воде может варьировать в соответствии с объемной скоростью потока воды или уровнем воды в водохранилище. При движении вниз по течению от места слияния двух рек концентрация уменьшается вследствие разведения. После сильных дождей или таяния снега объем воды в водохранилище увеличивается и концентрация уменьшается. Следует предпринять попытки оценить объемную скорость потока воды и глубину. Один из дешевых (не особенно подходящих) методов оценки скорости потока состоит в определении времени, необходимого объекту для того, чтобы проплыть определенное расстояние. Одна проблема заключается в том, что скорость потока на поверхности несколько медленнее, чем в более глубоких слоях. В дополнение к этому, на плывущий объект может влиять ветер. Если вы собираетесь воспользоваться описанным методом, неплохо использовать биологически разлагающийся объект, например, грейпфрут.

Концентрации радионуклидов в воде могут также повышаться после дождей и таяния снега вследствие повышения уровня поверхностных стоков в водохранилище, повторного выноса отложений и разлива водохранилища.

Отбор проб

Оборудование для отбора проб должно быть вымыто заранее и упаковано. Следует работать в одноразовых латексных или виниловых перчатках, сменяемых в различных точках отбора проб.

Обычно отбор проб проводят с лодки. Следующим лучшим местом отбора является мост или пирс. Не совсем желательно отбирать пробы с берега. Там, где это возможно, следует избегать переходить воду вброд. Если отбор воды будет происходить таким образом, следует предпринять все усилия, чтобы не поднять отложения. Отбирающий пробы должен войти в воду ниже по течению от места отбора и двигаться вверх к этому месту.

Погружение

Контейнер для отбора пробы должен быть погружен в воду с открытой крышкой по направлению вверх по течению. Весь процесс должен быть проведен осторожно, так чтобы как можно меньше перемешать воду. Контейнер должен быть полностью погружен в воду; должен быть исключен сбор поверхностного мусора. В то же время, при отборе пробы около дна следует быть осторожным, чтобы не поднять отложения, которые затем могут попасть в пробу.

Также возможно отобрать пробу в один сосуд, а затем перенести ее в контейнер для пробы. Это дает возможность большей маневренности и предотвращает загрязнение наружных стенок контейнера. Хороши в использовании кухонные ковши и черпаки из нержавеющей стали. Очевидно, что такой способ отбора проб приведет к большей аэрации пробы, чем при непосредственном отборе в контейнер. Вследствие этого может произойти большая потеря летучих материалов.

При отборе пробы с берега можно использовать удлинительную штангу, на которую крепят сосуд.

Имеются в наличии подводные пробоотборники, которые используют методику, сходную с описанной выше. В этих приспособлениях закрытую бутылку крепят к штанге, опускаемой в воду на соответствующую глубину. К крышке бутылки крепится контрольный рычаг, который открывает бутылку и закрывает ее после заполнения.

Перистальтический насос

Если в месте отбора пробы отсутствует стационарный источник электричества, перистальтические насосы могут работать от батареи или генератора. Недостатком насоса является неспособность отбора проб на глубине более 6 метров.

Такие насосы не только полезны для отбора проб под водой, но также очень хороши для увеличения расстояния отбора проб поверхностной воды поперек реки или водохранилища.

Входной шланг насоса должен иметь стенки из толстого тефлона (или другого соответствующего материала), поскольку он будет находиться под отрицательным давлением. Выходной шланг может быть сделан из медицинского силикона. Для увеличения достижимой боковой дистанции входной шланг может быть прикреплен для опоры к штанге или планке. При отборе проб под водой в движущейся воде может оказаться необходимым прикрепить к концу входного шланга дополнительный груз для обеспечения отбора пробы с желаемой глубины.

Перед отбором пробы на новом месте необходимо сменить или помыть шланги, хотя это не требуется при отборе единичной пробы. Даже при использовании нового шланга обычно следует пропустить через систему несколько литров воды перед отбором самой пробы. В дополнение к этому надо дать пробе стечь вниз по краю сосуда. Это уменьшит аэрацию и потерю летучих компонентов.

Специальный пробоотборник

Такое приспособление обычно используется для получения пробы воды с конкретной глубины реки или озера. Реже пробоотборник используется для отбора проб в мониторируемых колодцах. Прежде всего, для определения глубины, на которой будет отобрана проба, производят маркировку опорного кабеля. Когда пробоотборник опущен, вода свободно проходит через него. На определенной глубине утяжеленный несущий кабель опускает опорный кабель вниз. Когда он достигнет пробоотборника, несущий кабель активирует расцепляющее устройство, которое закрывает пробку/стопор внизу и сверху пробоотборника, таким образом, закупоривая воду внутри него. Поскольку опорный кабель легко потерять, целесообразно иметь в полевых условиях запасные. Так как вода свободно проходит через опущенный пробоотборник, дискутируется (не очень убедительно) вопрос о том, что проба может быть перекрестно загрязнена.

Для опорожнения данного устройства нижнюю пробку оставляют закрытой, а верхнюю открывают. Затем пробу выливают через верхнее отверстие. Некоторые пробоотборники модифицированы путем высверливания отверстия в нижнем стопоре и добавления клапана, через который может быть извлечена проба.

Сложность использования указанных пробоотборников заключается в том, что они состоят из большого количества составных частей и их трудно промыть.

Грунтовые воды

Грунтовые воды формируют общее пространство с поверхностными водами. Действительно, ключевые озера, реки и т.п. можно рассматривать как видимое проявление грунтовых вод, вышедших на поверхность. Грунтовые воды являются источником всех непересыхающих потоков, 90% пресной воды в мире и 50% питьевой воды. Источником грунтовых вод является дождь.

Грунтовые воды расположены в промежутках между частицами почвы, в расщелинах твердых пород (гор), в пустотах, гротах и т.п.

Верхний пласт почвы, в котором вода не заполняет полностью участки между частицами почвы, является ненасыщенной зоной (зона верхних грунтовых вод). Ниже ненасыщенной зоны располагается насыщенная зона, в которой вода полностью заполняет участки между частицами почвы. Сразу над насыщенной зоной находится участок, где происходит осаждение воды по капиллярам из ненасыщенной зоны.

Водоносный горизонт является частью насыщенной зоны, которая способна производить “существенное” количество воды, т.е. количество, достаточное для наполненности ключа или колодца.

Вообще, грунтовые воды движутся медленнее, чем поверхностные, обычно скорость потока составляет от нескольких сантиметров до нескольких метров в день. Однако, грунтовые воды, если они имеются в наличии, проходя через гроты (особенно в регионах, богатых известняком) и расщелины, могут нести большие объемы воды со скоростью, сопоставимой со скоростью поверхностных вод.

Направление и скорость движения грунтовых вод зависят от двух причин:

- i. Проницаемость пород. Чем больше проницаема почва, тем больше скорость движения грунтовых вод. Вообще, чем больше пористость почвы, тем больше ее проницаемость. Глина представляет собой исключение – она пористая, однако имеет низкую проницаемость.
- ii. Гидравлический градиент.

Вообще, подземные воды будут двигаться в том же направлении, что и поверхностные – они имеют тенденцию следовать топологии поверхности и двигаться по направлению к ближайшим рекам и ручьям. Это происходит, так как поверхность воды обычно следует топологии поверхности земли – выше под холмами, чем в долине. Всегда существуют исключения: в некоторых случаях поверхность грунтовых вод располагается ниже дна ручья и направление движения воды будет вниз от ручья к грунтовым водам. Такой ручей будет называться "потерянным".

Оборудование для отбора проб грунтовых вод может быть таким же, как и для отбора поверхностных вод.

ОТБОР ПРОБ ПОЧВЫ

План отбора проб

Во время разведки окружающей среды на потенциально загрязненной местности одним из основных решений является выбор мест отбора проб. Существует несколько

способов, четыре из которых будут представлены ниже с обсуждением их преимуществ и недостатков.

Отбор проб на основании суждения

Отбор проб на основании суждения – это выбор мест отбора проб на основании предшествующего опыта и/или предположения. Выбор может базироваться на предложениях персонала, знакомого с данной местностью, физических свидетельств потенциального загрязнения, или предыдущего опыта, связанного со сходным местом.

Отбор проб на основании суждения сильно зависит от экспертизы отбирающего пробы и приводит к некоторым проблемам. Результаты такого отбора трудно продублировать или верифицировать, поскольку вероятно, что используются различные критерии. Также является дискуссионным вопрос статистической основы метода, поскольку выбранные участки могут быть связаны с необъективностью выбора.

Простой случайный отбор проб

Простой случайный отбор проб представляет собой беспорядочный выбор мест отбора проб на исследуемой местности. Требования к данному методу заключаются в следующем: каждый участок должен иметь равную вероятность быть выбранным и независимый выбор каждого участка является случайным. Этот метод является действительным с точки зрения статистики и удобен для небольших участков.

Основная слабая сторона методики заключается в том, что большие участки территории могут быть пропущены. То есть, большие участки разведки могут не попасть под места отбора проб, в то время как несколько секторов могут иметь кластеры мест отбора. Ситуация может быть исправлена путем отбора проб по всей территории, однако это может привести к ненужным затратам и усилиям.

Систематический отбор

В данной схеме отбора проб на исследуемую местность накладывается сетка, и отбор проб проводится через одинаковые интервалы. Данный вид разведки имеет преимущество адекватного отбора проб на всей территории и является статистически действительным, при условии, что начальная точка в сетке выбрана случайно и радиоактивность беспорядочно распределена по территории.

Систематический отбор может иметь значительные отклонения, если вследствие барьеров от воздействия ветра, воды или человеческой деятельности радионуклиды сконцентрировались в некоторых участках. Например, канализационная канава, пролегающая параллельно одной ординате сетки, может быть полностью пропущена, если точки отбора "перешагивают" через нее. Систематический отбор должен использоваться только в сочетании с изучением ситуации для гарантии отсутствия таких участков или их должного учета. Обратите внимание, что систематический отбор обычно хорош для предварительной разведки участка, а более детальное последующее исследование может обнаружить любой необычный участок или распределение радионуклидов.

Стратифицированный отбор

Стратифицированный отбор состоит из деления места разведки на зоны (или страты) с приблизительно одинаковыми уровнями загрязнения, на основании результатов предварительной разведки. Затем пробы отбирают, используя либо случайный отбор, либо систематический отбор в пределах каждой страты. Данный метод решает вопрос покрытия пробами всей территории разведки и определения участков загрязнения. Кроме того, осторожный выбор страты обычно приводит к

большей точности оценки в каждой зоне и лучшему общему определению уровней загрязнения.

Достаточность отбора

Количество проб, необходимых для адекватного определения отбираемого параметра, обычно является компромиссом между желаемой точностью и выделенными на измерения ресурсами. Руководства для оценки требуемого количества проб представлены в нескольких документах. Эти оценки обычно базируются на данных предварительных разведок, которые дают некоторую аппроксимацию статистических параметров. Эти параметры затем используются для оценки общего количества необходимых проб.

Выбор и отклонение точек отбора

До отбора проб должны быть составлены планы для решения проблем, связанных с недоступными для отбора проб территориями. Вообще неприемлемо проводить отбор на ближайших доступных территориях. В случае небольших препятствий, таких как скалы, может быть использован подход случайного выбора дополнительных точек отбора. Однако, при наличии таких препятствий, как дорога, может потребоваться более основательный пересмотр. В частности, барьеры, являющиеся результатом человеческой деятельности, могут быть умышленно помещены для экранирования или ограждения потенциально загрязненной территории.

Место отбора проб

Редко находятся отличные места для отбора проб. Потребуется компромиссы. Однако могут оказаться полезными следующие рекомендации по выбору мест отбора проб:

- i. В местах с наиболее высокими предполагаемыми уровнями выпадений / концентраций.
- ii. Может оказаться желательным связать концентрации в почве с концентрациями в воздухе и уровнями мощности дозы в данном месте. Поэтому может быть полезен отбор проб почвы около мониторов загрязнения воздуха и мест установки ТЛД. Пробы растений и почвы также часто отбираются в одном месте. Конечно, часто это делается в большей степени ради удобства, нежели вследствие желания сопоставить различные измерения.
- iii. Характеристики хорошего места отбора проб воздуха сходны с таковыми для места отбора проб почвы: вдали от любых помех воздушному потоку, которые могут повлиять на выпадения (например, строения, деревья, внезапные изменения местности и т.д.) и вдали от зон сползания почвы (например, крутые обрывы).
- iv. С другой стороны, может быть желательно провести оценку концентраций в таких зонах, где может произойти поднятие материала: на лесистой территории и в зонах, где может произойти сползание почвы.
- v. В зонах, где маловероятно нарушение за счет строительства, ландшафтной деятельности, вдоль пыльных дорог и т.п.
- vi. В зонах рекреации, школах, близлежащих резиденциях.
- vii. На полях, в садах.

Выбранное место отбора проб следует, прежде всего, очистить от любых веток, камней, гальки или другого лишнего мусора. Если присутствуют растения, наиболее общим протоколом является обрезать их на высоте 0.5 - 1.0 см. Действие следует запротokolировать в Форме отбора пробы.

Методы отбора проб поверхности почвы

Наиболее приемлемый способ отбора проб будет зависеть от ожидаемого распределения радионуклида. В большой степени это зависит от того, произошло ли выпадение радионуклида с воздуха или вследствие утечки, затопления почвы и т.п.

Лучше использовать оборудование, которое не требует или требует незначительной мойки в полевых условиях. Например, совки из нержавеющей стали являются прочными и недорогими. Вымытый заранее и упакованный совок может быть взят с собой в каждое место отбора проб. Использованные совки затем можно упаковать и вернуть в лабораторию для мойки.

Другой фактор, который может повлиять на выбор метода отбора проб, - это тип почвы. Метод, хорошо используемый на мягкой органической почве, необязательно будет хорош на рыхлой песчаной почве или на глине. Метод, эффективный на влажной глине, может быть совершенно неприменим на сухой твердой глине. Не существует единой методики, которая бы хорошо работала на всех типах почв. Желательно применение стандартизированного метода.

Когда отбирающий пробу начинает копать землю и встречает сопротивление, может оказаться лучшим переместиться на близлежащее место. Попытки долбить камень могут быстро и легко привести к повреждению любого оборудования.

При загрязнении почвы вследствие выпадений с воздуха, вероятнее одинаковое распространение загрязнения в горизонтальном направлении (по крайней мере, на небольшое расстояние) и уменьшение его с глубиной в соответствии с экспоненциальной зависимостью. Для того, чтобы аналитические результаты были значимыми, следует отобрать воспроизводимым способом пробу точного размера, используя метод отбора.

Пять отдельных проб отбираются вдоль прямой линии на расстоянии 30 см и смешиваются. Каждая проба отбирается в два этапа. Первый этап: металлическое кольцо опускается в землю до тех пор, пока оно не наполняется почвой. Почва внутри кольца удаляется одноразовой ложкой и помещается в пакет. Затем почва за пределами кольца удаляется, и кольцо вновь опускается в почву. Почва внутри кольца помещается в пакет. Результатом является отбор пробы на суммарной глубине в 5 см. Метод хорошо подходит для песчаной почвы, непрактичен для твердой глины.

Очевидно, что получение пробы в два этапа является излишне сложным процессом. Поэтому общепринятым отклонением от указанной процедуры является опускание в почву металлического кольца высотой 5 см и отбор пробы в один этап.

Преимуществом метода с использованием кольца является простота, легкость очистки и дешевизна. Большое количество таких колец можно чистить в лаборатории, поместить в пластиковые пакеты или завернуть в алюминиевую фольгу и доставить на места. Это устраняет необходимость чистки оборудования в полевых условиях.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Method for the Development of Emergency Response Preparedness for Nuclear or Radiological Accidents, IAEA-TECDOC-953, IAEA, Vienna (1997).
- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Generic Procedures for Assessment and Response During a Radiological Emergency, IAEA-TECDOC-draft, IAEA, Vienna (1999).
- [3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Generic Assessment Procedures for Determining Protective Actions During a Reactor Accident, IAEA-TECDOC-955, IAEA, Vienna (1997).
- [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Convention on Assistance in the Case of a Nuclear Accident or Radiological Emergency, IAEA-INFCICR/336, IAEA, Vienna (1986).
- [5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Intervention Criteria in a Nuclear or Radiation Emergency, Safety Series No. 109, IAEA, Vienna (1994).
- [6] WINKELMANN et al., Results of Radioactivity Measurements in Germany after the Chernobyl Accident, Rep. ISH-99, 1986, Institute of Radiation Hygiene, Federal Health Office, Germany.
- [7] LETTNER, H., ZOMBORI, P., GHODS-ESPHAHANI, A., GIRZIKOWSKY, R., LAROSA, G., SITTER, H., SCHWEIGER, M., WINKELMANN, I., Radiometric Measurements in Selected Settlements in Byelorussia and the Ukraine, *J. Environ. Radioactivity* **17** (1992) 107–113.
- [8] ZOMBORI, P., NÉMETH, I., ANDRÁSI, A., LETTNER, H., In Situ Gamma-Spectrometric Measurement of the Contamination in Some Selected Settlements of Byelorussia (BSSR), Ukraine (UkrSSR) and the Russian Federation (RSFSR), *J. Environ. Radioactivity* **17** (1992) 97–106.
- [9] US DEPARTMENT OF ENERGY, Environmental Measurement Laboratory Procedures Manual, HASL-300 (1992).
- [10] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS, Gamma-Ray Spectrometry in the Environment, ICRUM Report 53, ICRUM, USA (1994).
- [11] WORLD HEALTH ORGANISATION, Guidelines For Iodine Prophylaxis Following Nuclear Accidents, WHO Regional Officer for Europe, Environmental Health Series 35 (1989).
- [12] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Monitoring of Radioactive Contamination on Surfaces, Technical Reports Series No. 120, IAEA, Vienna (1970).
- [13] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, IAEA, Vienna (1996).
- [14] BECK, H.L., DECAMPO, I., GOGOLAK, C., In Situ Ge(Li) and NaI(Tl) Spectrometry, USAEC HASL-258 (1972).
- [15] DEBERTIN, K., HELMER, R.G., Gamma and X-ray Spectrometry with Semiconductor Detectors, North-Holland, Elsevier (1988).
- [16] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Measurement of Radionuclides in Food and the Environment: a Guidebook, Technical Reports Series No. 295, IAEA, Vienna (1989).
- [17] GREEN, N., WILKINS, B.T., An Assessment of Rapid Methods of Radionuclide Analysis for Use in the Immediate Aftermath of an Accident, Monitoring and Surveillance in Accident Situations (Chadwick, K., Menzel, H., Eds), Rep. EUR 12557 EN, Commission of the European Communities (1993).

- [18] GREEN, N., HAM, G.J., SHAW, S., Recent Advances in Rapid Radiochemical Methods used at NRPB, Radioactivity and Radiochemistry (in press).
- [19] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 60, Pergamon Press, Oxford and New York (1991).
- [20] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS, Determination of Dose Equivalents Resulting from External Radiation Sources, Rep. 39, ICRUM, Bethesda (1985).

ГЛОССАРИЙ

Определения терминов и сокращений, использованных в документе

А

авария

Любое непреднамеренное событие, включая ошибки во время эксплуатации, отказы оборудования или другие неполадки, реальные или потенциальные последствия которых не могут игнорироваться с точки зрения *защиты и безопасности*.

аварийное облучение

См. *облучение*.

аварийный план

Комплекс мер, которые должны быть осуществлены в случае *аварии*.

аварийный рабочий

Лицо, осуществляющее аварийные работы.

аварийный уровень действия

См. *уровень*.

активность

Величина какого-либо количества радионуклида, находящегося в данном энергетическом состоянии в данный момент времени, определяемая математически как:

$$A(t) = \frac{dN}{dt}$$

где dN – ожидаемое число спонтанных ядерных превращений из данного энергетического состояния, происходящих за промежуток времени dt . В системе СИ единицей измерения активности является обратная секунда под названием беккерель (Бк).¹ 1 Бк = 1 распад/сек

удельная активность: *Активность* радионуклида на единицу массы вещества. Употребление настоящего термина предпочтительно в случаях, когда радионуклид содержится внутри вещества (например, ^{14}C в органическом материале, ^{235}U в естественном уране), даже если содержание радионуклида изменено искусственно. Если радионуклид присутствует только как *загрязнитель*, или в результате искусственной активации, предпочтительно использование термина *концентрация активности*.

атомная масса (A)

Сумма числа протонов и нейтронов в атоме.

Б

Беккерель

Наименование единицы *активности радионуклида*. См. также *активность*.

¹ Кюри (Ки), равное 3.7×10^{10} беккерелей, иногда используется в качестве единицы *активности*.

В

весовой множитель излучения

Значение, на которое умножают значение *поглощенной дозы* в органе или ткани для учета *относительной биологической эффективности* ионизирующего излучения в индукции *стохастических эффектов* при малых дозах, результатом чего является значение *эквивалентной дозы*. Значения определены МКРЗ как функция неограниченной *линейной передачи энергии*. См. также *коэффициент качества*.

вмешательство

Любое действие, направленное на снижение или предотвращение *облучения* или возможности *облучения* от *источников*, которые не являются частью контролируемой практической деятельности или которые вышли из-под контроля вследствие *аварии*.

внешнее облучение

См. *облучение*.

внутреннее облучение

См. *облучение*.

восстановительная мера

Мера, принимаемая в ситуации *вмешательства*, связанной с *хроническим облучением*, в целях снижения доз облучения, которые могли бы быть получены без ее применения. Меры, осуществляемые среди людей в ситуациях любых типов, обычно скорее рассматриваются как *защитные меры*, нежели *восстановительные*. См. также *защитная мера*.

выпадения

Загрязнение на поверхности или в пределах нескольких см поверхности почвы или поверхности любого другого материала.

Г

гарантия качества

Все запланированные и систематические действия, необходимые для обеспечения адекватной уверенности, что объект или служба будут удовлетворены данными требованиями качества.

годовая доза

См. *доза*.

горячий участок

Локализованные участки, на которых значения *мощности дозы* или *загрязнения* в результате *выпадений* во много раз выше, чем вокруг них.

граница

граница площадки: Граница территории площадки.

граница площадки

См. *граница*.

грей

Название единицы *поглощенной дозы*; см. также *доза*.



дезактивация

Полное или частичное удаление *загрязнения* физическими или химическими средствами.

действующий уровень вмешательства (ДУВ)

См. *уровень*.

детерминированный эффект

Радиационный эффект, который обязательно возникнет при облучении индивидуума в *дозе*, превышающей пороговую, тяжесть проявления эффекта возрастает с увеличением *дозы*. Каждый эффект имеет свою пороговую *дозу*, однако, она в ограниченной степени может также зависеть от облучаемого индивидуума. Примеры *детерминированных эффектов* включают эритему и лучевую болезнь. См. также *стохастический эффект*.

доза

Мера энергии, которая передана ионизирующим излучением мишени. Обычно термин используется без уточнения, когда контекст делает смысл очевидным, или в качестве общего термина, когда различные определители могут быть использованы в равной степени. См. также *поглощенная доза*, *коллективная доза*, *эффективная доза*, *эквивалентная доза* и *доза на орган*.

поглощенная доза: Энергия, переданная ионизирующим излучением на единицу массы облученного вещества, выражается в Дж/кг, специальное название - грей (Гр). Математическое выражение:

$$D = \frac{d\bar{\epsilon}}{dm}$$

т.е. средняя энергия, переданная ионизирующим излучением веществу, находящемуся в элементарном объеме, разделенная на массу вещества в этом элементарном объеме. Таким образом, термин определяет дозу в точке, усредняет дозу в органе или ткани, см. *доза на орган*. См. Публикацию МКРЗ N 60 [19].

годовая доза: Сумма *дозы*, полученной от *внешнего облучения* в течение года, и *ожидаемой дозы* от поступления радионуклидов в организм человека в этом году. Таким образом, в общем смысле годовая доза - это не доза, действительно полученная в течение данного года.

предотвращаемая доза: Предполагаемая оценка *предотвращенной дозы*, которая может ожидаться при проведении конкретной *контрмеры* или ряда *контрмер*.

предотвращенная доза: Ретроспективная оценка дозы, предотвращенной при проведении конкретной *контрмеры* или ряда *контрмер*, т.е. разница между *прогнозируемой дозой* без применения контрмер(ы) и реальной *прогнозируемой дозой*.

коллективная доза: Общая доза на определенную группу населения. Если не указано, считается что *доза* формируется в течение бесконечного времени, если указан конечный временной предел формирования дозы – считается, что формирование дозы прекратилось в указанное время. Обычно имеют в виду *эффективную дозу*, единица измерения - человеко-Зиверт (чел-Зв).

ожидаемая доза: Доза, формируемая в результате поступления радионуклидов в организм человека в течение 50 лет (70 лет – для поступлений в организм новорожденных или детей). Указанная доза может быть *поглощенной дозой*, *эффективной дозой*, *эквивалентной дозой* или *дозой на орган*, единицы Гр или Зв.

эффективная доза: Мера *дозы*, отражающая степень *радиационного ущерба* от *дозы*, рассчитываемая как взвешенная сумма (с использованием тканевого

взвешивающего коэффициента w_T) эквивалентных доз H_T в различных тканях организма, т.е.:

$$E = \sum_T w_T H_T$$

Таким образом, значения *эффективной дозы* от ионизирующего *излучения* различных видов на различные органы могут быть сравнены непосредственно. Единица измерения – Дж/кг, специальное название – зиверт (Зв)². См.

Публикацию МКРЗ N 60 [19].

эквивалентная доза: Мера дозы на ткань или орган, предназначенная для отражения количества вреда, рассчитанная путем перемножения средней *поглощенной дозы* на орган или ткань и соответствующего *взвешивающего коэффициента излучения*. Таким образом, значения *эквивалентной дозы* на конкретную ткань от ионизирующего *излучения* различных видов могут быть сравнены непосредственно. Символ H_T , единица Дж/кг, специальное название – зиверт (Зв). См. Публикацию МКРЗ N 60 [19].

доза на орган: Средняя *поглощенная доза* на ткань или орган, т.е. общая энергия, поглощенная тканью или органом, деленная на массу ткани или органа.

прогнозируемая доза: Ожидаемая *доза*, которая может быть получена, если будут проведены конкретная *контрмера* или ряд *контрмер*, или если не будут проведены *контрмеры*.

дозовый коэффициент

Ожидаемая эффективная доза от поступления, с указанием пути поступления (обычно ингаляционно или с продуктами питания), единицы *активности* конкретного радионуклида в конкретной химической форме. Значения указаны в BSS [13]. Выражается в единицах дозы на единицу поступления.

допустимая доза облучения аварийных рабочих

Суммарная *доза* лиц из персонала, на не превышение которой при осуществлении аварийных работ следует направить все усилия.

E

естественное облучение

См. *облучение*.

Z

за пределами площадки

Территория за пределами *границ площадки*.

загрязнение

Присутствие радиоактивных веществ или материалов на поверхностях, или внутри твердых материалов, жидкостей или газов (включая человеческое тело), где они не должны присутствовать.

фиксированное загрязнение: *Загрязнение*, отличное от *снимаемого*.

снимаемое (нефиксированное) загрязнение: *Загрязнение*, которое можно легко удалить с поверхности.

закрытый источник

См. *источник*.

² Бэр, равный 0.01 Зв, иногда используется как единица *эквивалентной дозы* и *эффективной дозы*.

захоронение

См. *захоронение отходов*.

захоронение отходов

Помещение радиоактивных отходов в соответствующий объект без намерения забрать их обратно.

защита

радиационная защита или **радиологическая защита**: Термин используется в двух несколько отличающихся случаях. Для более общего использования — защита от радиационной опасности — см. защита и безопасность. Термин **радиационная защита** также часто используется в отношении действующих ядерных установок для описания мер, касающихся контроля профессионального облучения, как отличие от предотвращения и смягчения аварий, как контроль сбросов и обращения с отходами.

защита и безопасность

Защита людей от облучения в результате воздействия ионизирующих излучений или радиоактивных веществ и безопасность источников излучений, включая средства обеспечения такой защиты и безопасности, а также средства предотвращения аварий и смягчения последствий аварий в случае, если они происходят.

защитная мера

Вмешательство, направленное на устранение или снижение доз для лиц из состава населения в условиях хронического или аварийного облучения. См. также *восстановительная мера*.

зиверт

Название единицы эквивалентной дозы. См. также *доза*.

зона аварийного планирования

Территория за пределами площадки разрешенного объекта, для которой в аварийном плане описаны планируемые защитные меры.

И

изотоп

Атомы одного и того же элемента, содержащие одинаковое число протонов, но разное число нейтронов.

изотоп-маркер: Изотоп, содержащийся в выпадениях или пробе, который может быть легко определен в полевых или лабораторных условиях. Используется для определения интересующей территории перед проведением углубленного изотопного анализа.

ингаляционная доза

Ожидаемая доза в результате ингаляционного поступления радиоактивных веществ и последующего отложения этих радионуклидов в тканях тела.

индивидуальный мониторинг

См. *мониторинг*.

источник

Все, что может вызывать *облучение* при испускании ионизирующего излучения или выбросе радиоактивных веществ или материалов, и может рассматриваться как единый источник в целях *радиационной защиты и безопасности*. Например, вещества, выделяющие *радон*, являются *источниками*, существующими в окружающей среде, гамма-облучающая установка для лучевой стерилизации является *источником*, используемым в *практической деятельности* для сохранения пищевых продуктов, рентгеновская установка может быть *источником*, используемым в *практической деятельности* в целях радиодиагностики, а *атомная электростанция* является *источником* в *практической деятельности* при производстве электроэнергии с использованием ядерного деления; - все они могут рассматриваться в качестве *источников* (т.е., в плане сбросов в окружающую среду) или в качестве группы *источников* (в целях профессиональной *радиационной защиты*). В общем смысле термин *источник* (и, особенно, *закрытый источник*) подразумевает радиоактивный источник небольшой интенсивности, который может использоваться в медицинских целях или в промышленных приборах.

естественный источник: Возникший естественным путем *источник* ионизирующего излучения, такой как солнце и звезды (*источники* космического излучения), скалы и почва (наземные *источники* ионизирующего излучения).

закрытый источник: Радиоактивное вещество, которое (а) постоянно находится в герметичной капсуле, или (б) жестко связано и находится в твердом состоянии. Термин *специальная форма радиоактивного материала*, используемый в контексте *транспортировки* радиоактивных материалов, имеет очень похожий смысл.

открытый источник: Любой *источник*, который не подходит под определение *закрытого источника*.

источник выброса

Выражение для обозначения информации о реальном или потенциальном выбросе радиоактивного материала из данного *источника*, обычно в случае *аварии*. Это может включать информацию о присутствующих радионуклидах, составе, количестве, мощности и способе выброса материала.

К

калибровка

Измерение на приборе или регулирование прибора, компонента или системы для гарантии приемлемости их точности или ответа.

компетентный орган

Государственный регулирующий орган или международная регулирующая организация.

контрмера

Вмешательство, направленное на смягчение радиологических последствий *аварии*. Различают защитные мероприятия и восстановительные мероприятия, там, где это возможно, следует использовать указанные термины, являющиеся более специфическими.

концентрация

См. *концентрация активности*.

концентрация активности

Активность радионуклида на единицу массы (или на единицу объема) материала или на единицу поверхности территории. См. также *удельная активность*.

коэффициент качества

Значение, на которое умножается *поглощенная доза* в органе или ткани для обозначения *относительной биологической эффективности* ионизирующего излучения, результатом чего является *эквивалент дозы*. Термин заменен на *взвешивающий коэффициент излучения* в определении МКРЗ *эквивалентной дозы*, но по-прежнему определен, как функция *линейной передачи энергии* для использования в расчете величин *эквивалента дозы*, используемых при *мониторинге*.

Л

лицо из состава населения

В широком смысле – любое лицо из состава населения, за исключением тех случаев, когда оно подвергается *профессиональному* или *медицинскому облучению*. Для целей проверки соблюдения годового *предела дозы* в отношении *облучения населения* – характерный представитель соответствующей критической группы.

М

мониторинг

Измерение радиационных или других параметров для целей, связанных с *оценкой* или контролем за *облучением*, а также интерпретацией результатов этих измерений. Также используется в ядерной безопасности для периодического или постоянного определения статуса системы.

мониторинг окружающей среды: *Мониторинг*, при котором измеряемые параметры соотносятся с характеристиками окружающей среды, позволяя оценить возможное наличие в окружающей среде *ионизирующего излучения*.

индивидуальный мониторинг: *Мониторинг*, при котором измеряемые параметры соотносятся с конкретным *облучением* индивидуума (наиболее часто, *работника*).

мониторинг окружающей среды

См. *мониторинг*.

мощность ambientной дозы

См. *мощность дозы*.

мощность дозы

Мера мощности, при которой энергия излучения передается мишени. Обычно используется без уточнения, если контекст очевиден, или как общий термин, если в одинаковой степени могут быть использованы различные уточняющие значения, например, *мощность поглощенной дозы*, *мощность эквивалентной дозы*.³

³ Хотя, в принципе, *мощность дозы* можно определить за любой промежуток времени (например, *годовую дозу* можно также определить как *мощность дозы*), в документах МАГАТЭ термин *мощность дозы* обычно используется только в контексте короткого временного периода (например, *доза за секунду* или *доза за час*).

Н

нахождение в облаке

Быть окруженным радиоактивным облаком.

нуклид

Любой *изотоп* атома.

О

облако (атмосферное)

Воздушное облако с выброшенным в окружающую среду материалом, может содержать радиоактивные вещества, может быть видимым или невидимым.

облучение

Действие или условие, в котором человек подвергается воздействию облучения.⁴

острое облучение: Описательный термин для обозначения *облучения* в течение определенного (короткого) периода времени.

аварийное облучение: *Облучение*, полученное во время аварийной ситуации. Может включать незапланированное *облучение* непосредственно вследствие аварийной ситуации, либо планируемое *облучение* лиц, осуществляющих действия для смягчения аварийной ситуации.

внешнее облучение: *Облучение* от источника, находящегося вне тела человека.

внутреннее облучение: *Облучение* от источника, находящегося внутри тела человека.

профессиональное облучение: Любое *облучение работников* в процессе их работы, помимо облучения, обусловленного практической деятельностью или источниками, освобожденными из-под контроля регулирующего органа.

потенциальное облучение: *Облучение*, которого нельзя ожидать с абсолютной уверенностью, но которое может иметь место в результате аварии с источником, либо события или последовательности событий *гипотетического* характера, аварии и события, влияющих на целостность *хранилища отходов*.

облучение населения: *Облучение лиц из состава населения* в результате воздействия источников облучения, кроме любого профессионального или медицинского облучения и облучения, обусловленного нормальным местным природным фоновым излучением. Оно включает облучение, получаемое при использовании *разрешенных источников* и осуществлении разрешенной *практической деятельности* и в ситуациях *вмешательства*.

облучение от выпадений

Гамма-излучение от радиоактивных материалов, выпавших на землю.

общий уровень вмешательства (ОУВ)

Общий уровень *предотвращаемой дозы*, при котором проводится конкретное *защитное мероприятие* или восстановительное мероприятие в ситуации *аварийного облучения* или ситуации *хронического облучения*. Значения указаны в BSS [13].

общий уровень действия (ОУД)

Уровень концентрации активности, выше которой должны проводиться восстановительные мероприятия или *защитные мероприятия* в ситуации *хронического облучения* или ситуации *аварийного облучения*.

⁴ Термин облучение также используется в радиохимии для количественного выражения ионизации, возникающей в воздухе под действием ионизирующего излучения.

ожидаемая доза

См. *доза*.

острая доза

Доза, полученная в течение короткого периода времени (например, в течение дней). См. также *доза*.

острое облучение

См. *облучение*.

оценка

Процесс и результат систематического анализа опасности, связанной с *источниками* и практической деятельностью. Оценка связана с *мерами защиты и безопасности* и направлена на определение количества осуществляемых мер для сравнения с критериями.

П**переселение**

Перемещение *лиц из состава* населения из мест проживания на продолжительный период времени, как защитная мера в ситуации *хронического облучения*.

период полураспада

Время, в течение которого *активность* радионуклида уменьшается в два раза в результате радиоактивного распада. Также используется с определениями, указывающими на время, в течение которого количество указанного материала (например, радионуклида) в указанном месте уменьшится в два раза в результате любого указанного процесса или процессов, которые идут сходным экспоненциальным путем радиоактивного распада.

период биологического полураспада: Время, в течение которого количество материала в указанной ткани, органе или части тела (или любой другой биологической субстанции) уменьшается в два раза в результате биологических процессов.

период эффективного полураспада: Время, в течение которого *активность* радионуклида в указанном месте уменьшается в два раза в результате всех относящихся к делу процессов.

период радиоактивного полураспада

См. *период полураспада*.

период эффективного полураспада

См. *период полураспада*.

площадка

Территория в пределах *границ площадки*.

предел

Значение величины, которое не должно быть превышено.

дозовый предел (предел дозы): Предел общей *годовой эффективной дозы* индивидуума (или средней *годовой эффективной дозы* за определенный промежуток времени) или *годовой эквивалентной дозы* на ткань или орган от конкретных *источников*. В BSS [13] определены дозовые пределы для *рабочих* и *лиц из состава населения*.

предотвращаемая доза

См. *доза*.

предотвращенная доза

См. *доза*.

прогнозируемая доза

См. *доза*.

профессиональное облучение

См. *облучение*

путь облучения

Пути, по которым радиоактивные вещества могут попасть к человеку или облучить его.

Р**радиационная защита; радиологическая защита**

См. *защита*.

радиоактивный распад

Превращение нестабильных веществ в более стабильную форму, обычно сопровождаемое эмиссией заряженных частиц и/или гамма-излучением.

радийод

Один или более радиоактивных изотопов йода.

радионуклид

Ядро (атома), обладающее свойствами спонтанного распада (радиоактивность). Ядра различаются по массе и атомному номеру.

разведка

радиационная разведка: Оценка радиационных условий и потенциальной опасности, связанной с производством, использованием, передачей, выбросом, удалением, или присутствием радиоактивного материала или других *источников* ионизирующего излучения.

рассеянное облучение от облака

Гамма-излучение от радиоактивного материала, находящегося в облаке.

руководство по возвращению

Интегрированное показание прямопоказывающего дозиметра, свидетельствующее о превышении допустимых доз облучения аварийных рабочих и необходимости выхода работника из зоны, где возможно дальнейшее облучение в значительной дозе.

С**снимаемое загрязнение**

См. *загрязнение*

средства блокирования щитовидной железы

Вещества, препятствующие или уменьшающие захват радиоактивного йода щитовидной железой. Обычно для этих целей перорально используется стабильный йодид калия (KI).

стабильный йод

Йод, состоящий только из нерадиоактивных изотопов йода. См. также *средства блокирования щитовидной железы*.

стохастический эффект

Радиационный эффект, вероятность развития которого пропорционально *дозе* и выше при больших *дозах*, а тяжесть проявления (если он развился) не зависит от *дозы*. *Стохастические эффекты* могут быть соматическими или генетическими, обычно не имеют пороговой *дозы*. Примеры стохастических эффектов: рак, лейкемия. См. также *детерминированный эффект*.

T

тканевой взвешивающий коэффициент

Коэффициент, на который умножается *эквивалентная доза* на орган или ткань, с тем, чтобы учесть различную чувствительность органов и тканей к индуцированию *стохастических эффектов* ионизирующего излучения. Значения для использования в расчетах *эффективной дозы* представлены МКРЗ [19].

У

уровень

уровень действия: В общем смысле, значение указанной измеряемой величины, выше которого будет проводиться определенная мера. Наиболее часто используется в виде уровня *мощности дозы* или *концентрации активности*, при превышении которого в условиях *хронического облучения* или *аварийного облучения* должны проводиться *восстановительные меры* или *защитные меры*.

указательный уровень: Уровень определенной величины, выше которого следует рассмотреть применение надлежащих мер. В некоторых обстоятельствах необходимость рассмотрения вопроса о применении мер может возникнуть, когда эта величина значительно ниже указанного уровня.

уровень вмешательства: Уровень *предотвращаемой дозы*, при котором проводятся конкретные *защитные действия* и принимаются *восстановительные меры* при возникновении ситуации *аварийного облучения* или ситуации *хронического облучения*.

действующий уровень вмешательства: Рассчитанное в соответствии с *ОУВ* или *ОУД* значение, (например, *мощность дозы* или *концентрация активности*), измеренное приборами или определенное в результате лабораторного анализа.

уровень вмешательства

См. *уровень*.

уровень действия

См. *уровень*.

указательный уровень

См. *уровень*.

укрытие

Защитная мера, при которой лицам из состава населения рекомендуется оставаться внутри помещений с закрытыми окнами и дверями, направленная на уменьшение их облучения в ситуации аварийного облучения.



фиксированное загрязнение

См. загрязнение.

фоновый уровень (радиации)

Уровень ионизирующего излучения, обычно присутствующий в интересующем регионе, причиной происхождения которого являются источники, другие кроме рассматриваемого.



эвакуация

Неотложное защитное мероприятие в рамках вмешательства в аварийной ситуации, заключающееся в перемещении людей с территорий, где прогнозируются высокие дозы облучения.

эквивалент дозы

Мера дозы на орган или ткань, предназначенная для количественного выражения вреда, рассчитывается как результат умножения средней *поглощенной дозы* в органе или ткани и соответствующего *коэффициента качества*. Заменена величиной *эквивалентной дозы* (см. *доза*), как основной величиной, рекомендуемой МКРЗ, а также для расчета *эффективной дозы*. Однако определения некоторых действующих величин дозы по-прежнему используют эту величину.

эквивалент амбиентной дозы: Непосредственно измеряемая величина, которая представляет *эффективную дозу*, для использования при *мониторинге окружающей среды* в условиях воздействия *внешнего облучения*. В МКРЕ [20] дано определение эквивалента амбиентной дозы как *эквивалента дозы*, который создается в некоторой точке в поле излучения соответственно *достоенным* и *распространенным* полем в стандартном шаре МКРЕ на глубине d по радиусу, имеющему направление, противоположное направлению распространения поля; символ $H^*(d)$ [20]. Для сильно проникающего излучения рекомендуется величина $d = 10$ мм.

эквивалентная доза

См. доза.

эффективная доза

См. доза.

эффективный эквивалент дозы

См. эквивалент дозы



ядерная установка

Предприятие по изготовлению ядерного топлива, ядерный реактор (включая критические и подкритические сборки), исследовательский реактор, атомная электростанция, хранилище отработавшего топлива, предприятие по обогащению или установка по переработке.

ОБОЗНАЧЕНИЯ

| Символ | Единица | Определение |
|--------------------------------|---|---|
| A | Бк МБк | активность; активность источника, активность радионуклида; нижний индекс указывает на радионуклид; иногда A_s используется для концентрации поверхностной активности |
| C | Бк/м ³ Бк/л Бк/кг Бк/м ² | концентрация активности; концентрация(и) радионуклида(ов) в пробах или на поверхности; нижний индекс указывает на конкретный радионуклид или группу радионуклидов, например, C указывает на общую активность бета- и гамма-; верхний индекс указывает на вид излучения, например, α , β или γ ; полоса над C означает среднее значение или лучшую оценку; иногда A_s используется для концентрации поверхностной активности |
| C _f | (имп/сек) / (Бк/м ²) (имп/сек) / (Бк/м ³) (имп/сек) / (Бк/кг) | калибровочный коэффициент детектора для энергии E |
| d | м см | расстояние; нижний индекс указывает расстояние, иногда для расстояния также используются буквы r, x или y |
| D | μЗв/ч мЗв/ч | мощность дозы |
| E | кэВ МэВ | энергия; верхний индекс указывает либо вид излучения (α , β , γ), либо одно значение в указанном диапазоне энергий; верхний индекс <i>max</i> используется для указания максимального значения |
| F _α | - | коэффициент перекрестного наложения (помеха) / отношение альфа-счета при напряжении на бета-плато к альфа-счету при напряжении на альфа-плато |
| f _Y | - | фактор накопления для Y-90 |
| f' _Y | - | коэффициент распада для Y-90 |
| h | м | высота над землей |
| N | - | число импульсов; нижний индекс указывает импульсы: b – фоновые, s – импульсы от калибровочного источника, i – одно значение в указанном диапазоне |
| n | c ⁻¹ имп/сек | скорость чистого счета; нижний индекс указывает скорость чистого счета для конкретного вида излучения, например, n _α обозначает скорость чистого счета для альфа-излучения |
| R | c ⁻¹ (имп/сек) | скорость счета; нижний индекс указывает скорость счета при различных измерениях |
| R _o /φ | см ² | коэффициент отклика детектора |
| R _f /R _o | - | коэффициент угловой поправки детектора |
| p | - | излучающая способность для конкретного вида излучения энергии E; нижний индекс указывает вид излучения: α , β , γ или γ – для общего указания; иногда используется буква p для указания положения пика в спектре |
| q | - | эффективность фильтра |
| Q | кг м ³ л | количество пробы |
| SF | - | коэффициент экранирования |
| T _{1/2} | час, день, год | период распада радионуклида |
| t | с | время; время измерения или счета; нижний индекс указывает время: b – время счета фона, c - или s – время счета калибровочного или стандартного источника; i – время счета пробы (в наборе проб), v – время отбора пробы |

| Символ | Единица | Определение |
|------------|--|--|
| | м^3 | объем |
| ϵ | $(\mu\text{Зв/ч})/\text{МБк}$ $(\text{имп/сек})/\text{МБк}$ | эффективность детектора для данной энергии E; эффективность прибора, эффективность счета; нижний индекс указывает виды эффективности |
| η | - | химический выход (при радиохимическом выделении) |
| σ | - | неопределенность; стандартное отклонение |
| ϕ/A_s | - | геометрический коэффициент детектора |
| Φ | $\text{с}^{-1}\text{см}^{-2}$ $\text{Бк}/\text{см}^2$ | плотность потока |
| μ | м^{-1} м^{-1} | линейный коэффициент ослабления для гамма-излучения при энергии E; нижний индекс указывает на различные матрицы, например, а – для воздуха |

АББРЕВИАТУРЫ

| | |
|-------------|---|
| ДУВ | действующий уровень вмешательства |
| ЖСС | жидкостной сцинтилляционный счетчик |
| КП | контурный поиск |
| ЛП | линейный поиск |
| МДА | минимальная детектируемая активность |
| ОЗ | окно закрыто |
| ОО | окно открыто |
| ОУВ | общий уровень вмешательства |
| ОУД | общий уровень действия |
| ПК | поиск параллельными курсами |
| ПП | проникающий поиск |
| ТЛД | термолюминесцентный дозиметр |
| EWG | рекомендации по возвращению аварийных рабочих |
| FOM | значение качества |
| GPS | global positioning system – спутниковая система определения координат |
| HPGe | высокочистый германиевый детектор |

УЧАСТНИКИ ПРОЦЕССОВ СОСТАВЛЕНИЯ И РАССМОТРЕНИЯ

КОНСУЛЬТАТИВНОЕ СОВЕЩАНИЕ

Вена

22–26 Сентября, 1997

- Martinčič, R. J. Stefan Institute, Slovenia
(*Scientific Secretary*)
- Poyarkov, V. European Center of Technology Safety, Ukraine
- Pucelj, B. J. Stefan Institute, Slovenia
- Zombori, P. KFKI Atomic Energy Research Institute,
Hungarian Academy of Science, Hungary
- Woods, D. Radiation Protection Services,
Australian Nuclear Science and Technology Organization, Australia

КОНСУЛЬТАТИВНОЕ СОВЕЩАНИЕ

Вена

8–12 Декабря, 1997

- Dempsey, G.D. Radiation Indoor Environments National Laboratory,
US Environmental Protection Agency (EPA), United States of America
- Green, N. National Radiological Protection Board, United Kingdom
- Martinčič, R. J. Stefan Institute, Slovenia
(*Scientific Secretary*)
- Zombori, P. KFKI Atomic Energy Research Institute,
Hungarian Academy of Science, Hungary
- Winkelmann, I. Federal Office of Radiation Protection, Germany
- Woods, D. Radiation Protection Services,
Australian Nuclear Science and Technology Organization, Australia

КОНСУЛЬТАТИВНОЕ СОВЕЩАНИЕ

Вена

8–20 Марта, 1998

- Martinčič, R. J. Stefan Institute, Slovenia
(*Scientific Secretary*)
- Poyarkov, V. European Center of Technology Safety, Ukraine
(Second week)

Schelenz, R. Jägerweg 41,
(Second week) Bad Herrenalb, Germany

Zombori, P. KFKI Atomic Energy Research Institute,
Hungarian Academy of Science, Hungary

Winkelmann, I. Federal Office of Radiation Protection, Germany

Woods, D. Radiation Protection Services,
(First week) Australian Nuclear Science and Technology Organization, Australia

КОНСУЛЬТАТИВНОЕ СОВЕЩАНИЕ

Вена

11–15 Января, 1999

Green, N. National Radiological Protection Board, United Kingdom

Martinčič, R. J. Stefan Institute, Slovenia
(*Scientific Secretary*)

Puchta, H. European Commission, XI, Luxembourg

КОНСУЛЬТАТИВНОЕ СОВЕЩАНИЕ

Вена

10–14 Мая, 1999

Martinčič, R. J. Stefan Institute, Slovenia
(*Scientific Secretary*)

ПОЛУЧЕННЫЕ КОММЕНТАРИИ

Март 1998 - Январь 1999

| | |
|--------------------------|---|
| Amundsen, I. | Norwegian Radiation Protection Authority, Østerås, Norway |
| Beetz, J. | Landesumweltamt Bradenburg, Neuedorf am See, Germany |
| Breznik, B. | NPP Krško, Krško, Slovenia |
| Burgess, P.H. | National Radiation Protection Board, Chilton, Didcot, United Kingdom |
| Burns, K. | International Atomic Energy Agency Laboratories, Austria |
| Cooper, M. | Australian Radiation Laboratory, Yallambie, Victoria, Australia |
| Crick, M. | International Atomic Energy Agency, Austria |
| Cruz Suárez, R. | International Atomic Energy Agency, Austria |
| Diamond, V. | Nuclear Safety Bureau, Miranda, Australia |
| Fry, F.A. | National Radiation Protection Board, Chilton, Didcot, United Kingdom |
| Holland, B. | Australian Nuclear Science and Technology Organisation, Menai, Australia |
| Hurley, B. | US Department of Energy, Las Vegas, Nevada, United States of America |
| Lee, D-M. | KINS, Republic of Korea |
| McKenna, T. | US Nuclear Regulatory Commission, United States of America |
| Murith, C. | Swiss Federal Office for Public Health, Fribourg, Switzerland |
| Nandakumar, A.N. | Bhabha Atomic Research Centre, Mumbai, India |
| Nogueira de Oliveira, C. | International Atomic Energy Agency, Austria |
| Pryke, D. | Joint Food Safety and Standards Group, MAFF, London, United Kingdom |
| Raghavendran, C.P. | Bhabha Atomic Research Centre, Mumbai, India |
| Sinclair, M.C. | State of Illinois Department of Nuclear Safety, Springfield, Illinois, United States of America |
| Solomon, S. | Australian Radiation Laboratory, Yallambie, Victoria, Australia |
| Wernli, C. | Paul Scherrer Institute, Villigen, Switzerland |
| Wrixon, A. | International Atomic Energy Agency, Austria |
| Youngman, M. | National Radiation Protection Board, Chilton, Didcot, United Kingdom |

ИНДЕКС

- GPS, 9
аварийное планирование, 1
авария
 реакторная, 2, 4
гамма-спектрометрия, 1
гамма-спектрометрия in-situ, 16
гамма-спектрометры in-situ, 16
Группа индивидуального мониторинга и дезактивации, 10
группа мониторинга, 6, 83
Группа отбора проб воздуха, 10
Группа отбора проб окружающей среды и пищевых продуктов, 11
Группа разведки окружающей среды, 10
Группа спектрометрии in-situ, 10
детектор
 NaI(Tl), 16, 22, 36, 78
 высокоочищенный Ge, 22
 высокочувствительный Ge, 16
 Гейгера-Мюллера, 14
 жидкостной сцинтилляционный счетчик, 18
 пропорциональный счетчик, 19
ДУВ, 8
загрязнение
 воздух, 14
 мониторинг, 74
 поверхность, 16
 почва, 35
измерения
 лабораторные, 22
 полевые, 26
индивидуальный мониторинг, 1
лаборатория
 мобильная, 19, 22
мониторинг
 аварийный, 2, 3
 организация, 3
 приборы, 11
МОНИТОРИНГ
 АВАРИЙНЫЙ, 2
МОНИТОРИНГ
 АВАРИЙНЫЙ, 3
облако, 8, 35
отбор проб
 в полевых условиях, 15
 воздух, 8
 почва, 8
Ответственный за аварийное реагирование, 9, 35, 94, 98, 101, 104, 107, 110
пробы
 подготовка, 22
 почва, 22
ПРОБЫ
 ОТБОР, 3
разведка
 загрязнение, 22
спектр
 пик, 16
Специалист по анализу проб, 10
Специалист по мониторингу окружающей среды, 10, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 76, 77, 94, 97, 98, 100, 101, 104, 106, 107, 109, 110, 112, 113, 132
Специалист радиолог, 6
Специалиста по мониторингу окружающей среды, 40, 43, 44, 46, 48, 50, 52, 56, 67
Специалист-радиолог, 6, 8, 10, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 43, 44, 46, 48, 50, 52, 56, 67, 76, 77, 94, 97, 98, 100, 101, 104, 106, 107, 109, 110, 112, 113, 132
фон
 прибора, 21

