

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА РАДИАЦИОННОЙ МЕДИЦИНЫ И ЭКОЛОГИИ

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В РАДИАЦИОННОЙ ГИГИЕНЕ

Рекомендовано Учебно-методическим объединением
по высшему медицинскому, фармацевтическому образованию
Республики Беларусь в качестве пособия для студентов
учреждений высшего образования, обучающихся по специальности
1-79 01 03 «Медико-профилактическое дело»



Минск БГМУ 2021

УДК 614.876-071(075.8)

ББК 51.26я73

Л12

Авторы: А. Н. Стожаров, Л. А. Квиткевич, Л. М. Шевчук, М. А. Назарова, О. А. Стаховская

Рецензенты: д-р мед. наук, проф., проф. каф. гигиены и медицинской экологии Белорусской медицинской академии последипломного образования В. И. Тернов; каф. экологической медицины и радиобиологии Международного государственного экологического института имени А. Д. Сахарова Белорусского государственного университета

Л12 **Лабораторные** исследования в радиационной гигиене : пособие / А. Н. Стожаров [и др.]. – Минск : БГМУ, 2021. – 144 с.

ISBN 978-985-21-0900-0.

Изложены основные вопросы радиационно-гигиенического контроля и мониторинга источников ионизирующих излучений, методологии оценки облучения населения за счет радиоактивных выбросов, разработанной Научным комитетом ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН); требования к аккредитованным испытательным лабораториям, а также последовательность необходимых действий и процедур на различных этапах лабораторного контроля. Даны контрольные вопросы и тестовые задания по темам.

Предназначено для студентов, обучающихся по специальности 1-79 01 03 «Медико-профилактическое дело», также может быть использовано при подготовке кадров и повышении квалификации специалистов в области радиационной гигиены.

УДК 614.876-071(075.8)

ББК 51.26я73

Учебное издание

Стожаров Александр Николаевич

Квиткевич Людмила Александровна

Шевчук Лариса Михайловна и др.

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В РАДИАЦИОННОЙ ГИГИЕНЕ

Пособие

Ответственный за выпуск А. Р. Аветисов

Компьютерная верстка А. В. Янушкевич

Подписано в печать 09.09.21. Формат 60×84/16. Бумага писчая «Хероx office».

Ризография. Гарнитура «Times».

Усл. печ. л. 8,37. Уч.-изд. л. . Тираж 40 экз. Заказ 455.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/187 от 18.02.2014.

Ул. Ленинградская, 6, 220006, Минск.

ISBN 978-985-21-0900-0

© УО «Белорусский государственный
медицинский университет», 2021

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

H-3-НТО — тритиевая вода

H-3-ОВТ — органически связанный тритий

АСКРО — автоматизированная система контроля радиационной обстановки

АПИ — автоматический пункт измерений

АЭС — атомная электростанция

ВВЭР — водо-водяной энергетический реактор

ГО — гражданская оборона

ГСН — государственный санитарный надзор

ГСЧС — государственная система предупреждения чрезвычайных ситуаций

ЗНО — злокачественные новообразования

ЗРНИ — закрытый радионуклидный источник

ИИ — ионизирующее излучение

ИИИ — источник ионизирующего излучения

ЛБК — линейная беспороговая концепция

НЭ — наследственные эффекты

ПРК — пункт радиационного контроля

РБ — радиационная безопасность

РБМК — реактор большой мощности канальный

РГ — радиационная гигиена

СГЭД — средняя годовая эффективная доза

ССЭТ — специфические санитарно-эпидемиологические требования

ТВЭЛ — тепловыделяющий элемент

УГИИ — устройства, генерирующие ионизирующее излучение

ВВЕДЕНИЕ

Медико-биологические аспекты воздействия радиационного фактора на здоровье человека и среду его обитания являются предметом изучения обширных программ исследований, посвященных оценке действия атомной радиации. С одной стороны, радиационный фактор является беспрецедентным по силе и глубине поражающего действия, с другой — незаменимым источником энергообеспечения. Использование атомной энергии является гарантом экономического процветания и одним из критериев оценки потенциала развития общества.

Накопленный опыт в решении проблем аварийных ситуаций на ядерных и радиационных объектах, внедрения новых технологий с использованием источников ионизирующего излучения в различных сферах производства и оказания услуг привел к необходимости создания высокоточных чувствительных методов детекции и радиометрии, а также адекватных методов дозиметрии и оценки эффективных доз за счет различных путей воздействия радионуклидов. Научным комитетом ООН по действию атомной радиации в 2016 году опубликован отчет «Радиационное воздействие при производстве электроэнергии» («Radiation exposure from electricity generation»), а в 2017 году разработана и издана «Методология для оценки облучения населения за счет радиоактивных выбросов» («Methodology for estimating public exposures due radioactive discharges»). Использование этой методологии легло в основу изложенного в этом издании расчета радиационного воздействия за счет всех видов формирования доз облучения. Методология была дополнена связанными электронными таблицами и всеми необходимыми справочными данными.

Ведение государственного санитарного надзора с использованием лабораторных методов исследования учитывает многообразие источников радиоактивного излучения и технологических процессов с радиоактивными элементами. Владение правилами и методами отбора проб, знание документов аккредитованной испытательной лаборатории, а также последовательности необходимых действий и процедур, которые должны регистрироваться на различных этапах лабораторного контроля позволяют получить наиболее объективные результаты лабораторных исследований.

Знание и использование на практике методологии расчета радиационного воздействия за счет всех видов формирования доз облучения, владение правилами и методами лабораторного контроля и оценки их результатов позволят разработать защитные мероприятия с наибольшей оптимизацией инвестиций в новые технологии и материальных затрат для охраны здоровья населения.

Издание предназначено для студентов, обучающихся по специальности 1-79 01 03 «Медико-профилактическое дело» к занятиям по учебной дисциплине «Лабораторные исследования в радиационной гигиене» профиля субординатуры «Лабораторные исследования».

Глава 1

НОРМАТИВНОЕ ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО САНИТАРНОГО НАДЗОРА В ОБЛАСТИ РАДИАЦИОННОЙ ГИГИЕНЫ

Цель изучения: усвоить особенности применения нормативных правовых и иных актов, регламентирующих организацию работ в области радиационной гигиены для осуществления государственного санитарного надзора с применением лабораторных методов контроля.

Одним из направлений деятельности организаций здравоохранения, осуществляющих государственный санитарный надзор, является проведение лабораторного радиационного контроля среды обитания человека.

В лаборатории радиационного контроля точность выполняемых измерений обеспечивается посредством ряда мероприятий, среди которых особо можно выделить следующие:

1) ежегодная периодическая поверка применяемого средства измерений (далее — СИ).

2) регулярные измерения контрольного источника, входящего в комплект поставки СИ.

3) проведение штатных измерений в соответствии с методикой выполнения измерений (далее — МВИ), прошедшей экспертизу (аттестацию) в уполномоченном подразделении Госстандарта.

С введением в действие СТБ ИСО 17025 список соответствующих мероприятий расширился: лаборатория «должна иметь процедуры контроля качества для осуществления текущего контроля (мониторинга) достоверности предпринимаемых испытаний» и лаборатории «должны иметь и применять методики оценивания неопределенности измерений».

Деятельность, по осуществлению контроля радиоактивного загрязнения, подлежит лицензированию. Для получения лицензии, дубликата лицензии, внесения изменений и (или) дополнений, продления срока, возобновления действия лицензии необходимо обратиться в Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (далее — Департамент);

Под лицензируемой деятельностью понимается радиационное обследование территорий, лесных и водных массивов, зданий и сооружений, оборудования, транспорта, определение содержания радионуклидов в продукции лесного хозяйства, сельскохозяйственной, промышленной и другой продукции, строительных материалах, воде, почве, воздухе, пищевых продуктах, лекарственно-техническом сырье, коммунальных отходах и других объектах контроля, а также определение поверхностного загрязнения и мощности дозы гамма-излучения.

Детальный перечень контролируемых радионуклидов и объектов контроля указывается в заявлении о выдаче лицензии.

Лицензия выдается и хранится у юридического лица (главного врача ЦГЭ). В обособленных подразделениях (отделах, лабораториях) где осуществляется лицензируемый вид деятельности, находятся копии лицензии, скрепленные подписью руководителя и печатью, а также информация о месте ознакомления с подлинником лицензии.

Требования к документам, предоставляемым для получения лицензии, дубликата, внесения изменений и (или) дополнений, продления срока действия лицензии.

Для получения лицензии на проведение деятельности, связанной с осуществлением контроля радиоактивного загрязнения, в Департамент предоставляются следующие документы:

1) заявление, подписанное руководителем юридического лица, осуществляющего контроль радиоактивного загрязнения, и заверенное печатью. В заявлении должно быть указано, на измерение какого радионуклида (радионуклидов) запрашивается лицензия, и приведен перечень объектов контроля в соответствии с областью аккредитации или областью технической компетентности подразделения, осуществляющего контроль радиоактивного загрязнения;

2) копия устава юридического лица;

3) копия свидетельства о государственной регистрации;

4) платежное поручение об уплате государственной пошлины за получение лицензии;

5) перечень имеющихся средств измерений с указанием основных технических характеристик (год выпуска, вид и пределы измерений, дата последней поверки), оборудования, необходимого для выполнения лицензируемой деятельности, подписанный руководителем подразделения, осуществляющего контроль радиоактивного загрязнения;

6) справка о составе и квалификации персонала (не менее 2 человек) с указанием даты обучения на курсах повышения квалификации специалистов подразделений радиационного контроля в учебном учреждении, имеющем соответствующую лицензию Министерства образования (повышение квалификации должно проводиться не реже одного раза в пять лет), подписанная руководителем подразделения, осуществляющего контроль радиоактивного загрязнения, с приложением копий удостоверений повышения квалификации;

7) копия схемы (правил) радиационного контроля (в случае отсутствия ее необходимости — поясняющее письмо за подписью руководителя юридического лица);

8) копия выданного организацией Госстандарта документа, подтверждающего соответствие подразделения радиационного контроля требованиям

Системы поверочных и испытательных лабораторий Республики Беларусь (аттестат аккредитации или удостоверение оценки качества выполнения измерений) с приложением области аккредитации или области технической компетентности.

Помещения лаборатории для проведения радиационного контроля должны удовлетворять требованиям регулирующих технических нормативных правовых актов.

Радиационный контроль — это комплекс взаимосвязанных и обязательных к исполнению административных, организационно-технических, санитарно-гигиенических мероприятий и правовых мер, направленных на снижение воздействия на население и другие категории облучаемых лиц радиационного фактора.

Измеряемыми параметрами объектов радиационного контроля являются основные характеристики факторов радиационного воздействия на человека, а именно:

1) для внешнего облучения:

- мощность дозы гамма излучения (МД);
- плотность потока частиц.

2) для внутреннего облучения:

– активность радионуклидов в объектах контроля (вода, воздух, почва, продукты питания, организм человека и др.).

Перечень радионуклидов, подлежащих нормированию и контролю, устанавливается нормативными актами Республики Беларусь, утверждаемыми Минздравом.

Радиационный контроль в Республике Беларусь проводится на следующих территориях (зонах):

– **Зона А** — территория, относящаяся к зонам радиоактивного загрязнения в результате аварии на Чернобыльской АЭС согласно Закону Республики Беларусь «О правовом режиме территорий, подвергшихся радиационному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС».

– **Зона Б** — территория вероятного радиационного воздействия выбросов АЭС сопредельных государств и 30-километровая зона вокруг Чернобыльской АЭС.

– **Зона В** — остальная территория республики.

На загрязненных территориях республики все населенные пункты, а также хозяйства, в том числе личные, предприятия, производящие продовольственное и непродовольственное сырье и продукцию, подразделяются на две **группы контроля**:

– **группа 1** — населенные пункты и хозяйства, в которых за последние 2 года по результатам радиационного контроля не было зарегистрировано

превышений допустимых уровней загрязнения радионуклидами заготавливаемой, перерабатываемой и реализуемой продукции;

– **группа 2** — населенные пункты и хозяйства, в которых отмечены факты превышения РДУ производимой продукции за последние 2 года.

В зависимости от принадлежности населенного пункта или хозяйства к одной из этих групп устанавливаются объем и частота контроля.

Для населенных пунктов и хозяйств 1-й группы допускается выборочный контроль, частота и объем которого определяется ведомственной схемой радиационного контроля, согласованной Минздравом и Департаментом.

Для населенных пунктов и хозяйств 2-й группы контроль осуществляется и объемах, обеспечивающих поставку и реализацию сырья и продукции, соответствующих требованиям допустимых уровней загрязнения радионуклидами, утвержденным Минздравом.

Частота и объем контроля определяются видом контролируемой продукции и эффективностью мероприятий по радиационной защите и должны гарантировать безусловное исключение возможности поставки населению продукции с уровнем загрязнения выше допустимого.

Контроль уровня радиоактивного загрязнения продукции, производимой в общественном секторе в **зоне А**, осуществляется *на двух уровнях*: в месте производства сырья и на перерабатывающих предприятиях. Все партии сырья и готовой продукции перерабатывающих предприятий сертифицируются по радиационному фактору. Предприятия торговли и общественного питания принимают к реализации партии товара от производителей (поставщиков) только при наличии сертификата по показателям радиационного контроля.

Организация радиационного контроля потоков сырья и готовой продукции, производимых на предприятиях и в хозяйствах 2-й группы, возлагается на соответствующие министерства и ведомства согласно Закону Республики Беларусь «О правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС» по установленным ими схемам контроля.

На основании данных радиационного контроля и результатов измерения содержания радионуклидов в организме человека осуществляются оценка и прогноз доз облучения для жителей населенных пунктов группы 1 один раз в три года, для группы 2 — ежегодно.

Радиационный контроль в зоне Б. На территории Республики Беларусь в пределах 30-ти километровой зоны вокруг АЭС сопредельных государств могут быть организованы пункты контроля за радиационной обстановкой (МД, концентрация радионуклидов в воздухе, в воде, атмосферные радиоактивные выпадения).

Радиационный контроль в зоне В. В этой зоне осуществляется радиационный мониторинг при помощи сети постоянных пунктов наблюдения.

Система радиационного контроля в Республике Беларусь представляет собой трехуровневую структуру, состоящую из:

- 1) государственного контроля и надзора;
- 2) ведомственного контроля;
- 3) общественного контроля.

Государственный радиационный контроль и надзор осуществляется органами государственного управления в соответствии с их полномочиями.

Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь осуществляет:

- 1) государственный контроль за соблюдением правового режима на территориях радиоактивного загрязнения,
- 2) общий контроль и координацию деятельности министерств и ведомств по осуществлению радиационного контроля в рамках Государственной программы преодоления последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС,
- 3) организацию подготовки кадров, обеспечивающих деятельность системы радиационного контроля,
- 4) создает в населенных пунктах, при необходимости, местные центры радиационного контроля.

Министерство здравоохранения Республики Беларусь осуществляет:

- 1) оценку и прогноз доз облучения населения для всех зон контроля;
- 2) разработку и утверждение норм радиационной безопасности и санитарных правил работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений.
- 3) государственный надзор за соблюдением всеми предприятиями, организациями, учреждениями, должностными лицами и гражданами норм радиационной безопасности, санитарных правил работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений, нормативных документов, регламентирующих радиационную безопасность населения и других категорий облучаемых лиц,
- 4) индивидуальный дозиметрический контроль внешнего облучения критических групп населения,
- 5) контроль радиоактивного загрязнения сельхозпродукции и продуктов питания, производимых в личных подсобных хозяйствах.

Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь (далее — Госстандарт) осуществляет:

- 1) государственный надзор за измерениями радиоактивного загрязнения природной среды, всех видов сырья и продукции, включающий проверку соблюдения требований метрологических правил и норм, состояния и правильности применения средств и методик выполнения измерений,

2) метрологическую аттестацию методик измерений радионуклидного загрязнения объектов контроля,

3) аккредитацию подразделений радиационного контроля (испытательных лабораторий) и ведение их реестра.

Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды (далее — Белгидромет) является головной организацией по методическому обеспечению и руководству работами по оценке радиационной обстановки, осуществляет общую оценку радиационной обстановки (радиационный мониторинг) на территории Республики Беларусь.

Ведомственный радиационный контроль осуществляют:

– Министерство сельского хозяйства и продовольствия (далее — Минсельхозпрод),

– Министерство лесного хозяйства (далее — Минлесхоз),

– Министерство жилищно-коммунального хозяйства (далее — Минжилкомхоз),

– Белорусский республиканский союз потребительских обществ (далее — Белкоопсоюз),

– другие министерства и ведомства, осуществляющие заготовку, переработку и реализацию продукции в соответствии с требованиями своих положений о радиационном контроле, а согласно утвержденным в установленном порядке схемам контроля.

Минсельхозпрод осуществляет ведомственный радиационный контроль:

1) радиационный контроль каждой партии сельскохозяйственного сырья и готовой продукции, производимой в общественном секторе в группе 2 зоны «А» и выборочный контроль в группе 1;

2) радиационный контроль сельскохозяйственного сырья и готовой продукции, производимой в общественном секторе в зоне «В», выборочно - один раз в год;

3) контроль продукции, реализуемой на рынках;

4) определение радиоактивного загрязнения почвы сельскохозяйственных угодий колхозов, совхозов и фермерских хозяйств, загрязнения торфа, применяемого в качестве удобрений.

Белкоопсоюз осуществляет ведомственный радиационный контроль:

1) контроль продукции, поступающей на заготовительные пункты из зоны А (группа 2);

2) выборочный контроль продукции, заготавливаемой в других зонах;

3) контроль за поступающим сырьем по сертификатам поставщиков на перерабатывающих предприятиях.

Минлесхоз осуществляет ведомственный радиационный контроль:

- 1) радиационный контроль лесосечного фонда направляемого в рубку в зоне «А»;
- 2) выдача сертификатов на партии готовой продукции и сырья, заготавливаемого в зоне «А»;
- 3) контроль даров леса в зоне «А»;
- 4) контроль ведомственной сельскохозяйственной продукции (сырья) на месте ее производства во время уборки урожая в зоне «А» в группе 2;
- 5) радиационный контроль на рабочих местах в зоне «А»;
- 6) оповещение населения о радиационной обстановке в лесах, и возможности использования лесной продукции и оформление информации о ней в лесных массивах.

Минжилкомхоз осуществляет ведомственный радиационный контроль:

- 1) радиационный контроль питьевой воды;
- 2) контроль радиоактивных отходов и отходов дезактивации перед захоронением;
- 3) контроль объектов жилищно-коммунального хозяйства и их территорий в городских поселениях, сточных вод и их осадков на очистных сооружениях, твердых бытовых и зольных отходов.

В дополнение к государственному и ведомственному радиационному контролю общественные и независимые организации в порядке, определенном Департаментом по проблемам катастрофы на ЧАЭС, могут в интересах населения осуществлять **общественный (независимый) контроль** продукции и объектов окружающей среды.

Все подразделения радиационного контроля, осуществляющие или претендующие осуществлять сертификацию продукции или контроль продукции по показателям ее радиационной безопасности, подлежат обязательной аккредитации в Национальной системе аккредитации Республики Беларусь с учетом ее требований. По результатам аккредитации все подразделения радиационного контроля (ПРК) категоризируются на 4 класса:

– **1-й класс** — лаборатории (научно-исследовательские центры) радиационных измерений, имеющие возможность реализовать высокоточные методы абсолютных измерений, осуществлять измерения (испытания) любой категории сложности, в том числе арбитражные, с использованием современных методов и средств инструментального анализа и различных методов радиохимических исследований, располагающие комплексом специальных государственных (национальных) эталонов воспроизведения единиц активности радионуклидов и эталонов дозиметрических величин, оснащенные образцовыми α -, β -, γ -спектрометрическими установками.

– **2-й класс** — подразделения (лаборатории), имеющие возможность измерения характеристик ионизирующих излучений радионуклидов метода-

ми лабораторного анализа (в том числе и радиохимическими) и инструментальными экспресс-методами;

– **3-й класс** — подразделения (лаборатории), имеющие возможность измерения характеристик ионизирующих излучений радионуклидов только инструментальными экспресс-методами;

– **4-й класс** — подразделения, имеющие возможность измерения мощности дозы γ -излучения, отбор и первичную подготовку проб объектов радиационного контроля для последующих измерений в подразделениях (лабораториях) 1, 2 и 3-го классов.

Головные (базовые) лаборатории министерств и ведомств, республиканские и областные подразделения радиационного контроля Минздрава должны иметь классификационную категорию не ниже 2-го класса.

**Рекомендуемый перечень документов, необходимых для работы
лаборатории
(справочно)**

1. Паспорт лаборатории.
2. Положение о лаборатории.
3. Схема радиационного контроля.
4. Аттестат об аккредитации (копия).
5. Лицензия, № и дата (копия).
6. СТБ на исследуемую продукцию (при выполнении работ по договорам предоставляется заказчиком).
7. Должностные инструкции каждого работника лаборатории.
8. Гигиенические нормативы, санитарные правила, регламентирующие требования к радиационной безопасности, критерии оценки радиационного воздействия.
9. Журнал результатов измерения температуры, влажности, внешнего гамма-фона в помещении и на территории лаборатории.
10. Журнал регистрации результатов измерений на имеющихся приборах.
11. Свидетельства о государственной поверке средств измерений (на каждый используемый прибор).
12. График государственной поверки средств измерения.
13. Методики выполнения измерений (МВИ), паспорта и технические описания на все применяемые приборы.
14. Удостоверение о прохождении обучения каждого должностного лица.
15. График подготовки и переподготовки специалистов, в том числе резервных.
16. Журнал учета материальных ценностей.
17. Удостоверение о присвоении категории по электробезопасности.

18. Инструкция по технике безопасности. Журнал инструктажа по технике безопасности.

19. Журнал учета контрольных источников.

20. Журнал учета и списания спирта, нормы расхода этилового спирта на различные виды работ в лаборатории.

Лабораторная работа

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ПРОЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ПО РАДИАЦИОННОМУ ФАКТОРУ»

В процессе выполнения работы **освоить** алгоритм гигиенической оценки условий проживания населения по радиационному фактору и действия органов госнадзора по минимизации его негативного воздействия и **выполнить** расчет годовой эффективной дозы (в мЗв/год), полученной за счет внешнего и внутреннего облучения и подготовить обоснованное заключение с выводами о соответствии/несоответствии условий проживания населения требованиям законодательства Республики Беларусь.

Ход работы:

По данным аналитического лабораторного контроля в населенном пункте N (село) установлено.

В настоящее время средняя мощность амбиентного эквивалента дозы в населенном пункте N составляет 0,29 мкЗв/ч. Указанное значение формируется за счет выпадений радионуклидов чернобыльского выброса. Известно, что до аварии на ЧАЭС средний уровень фона гамма-излучения в селе N был равен 0,00006 мЗв/ч.

Годовая эффективная доза внутреннего облучения формируется за счет перорального поступления радионуклидов, в основном, за счет употребления молока с удельной активностью $4,9 \cdot 10^{-9}$ Ки/кг по цезию-137. Годовое потребление молока в среднем, составляет 128 кг на каждого жителя.

Ингаляционное поступление радионуклидов происходит из атмосферного воздуха, средняя объемная активность которого по цезию-137 составляет $8,8 \cdot 10^{-13}$ Ки/л.

Требуется:

1. Рассчитать годовую эффективную дозу (в мЗв/год), полученную за счет внешнего и внутреннего облучения, для взрослого населения, постоянно проживающего и работающего в N (село).

2. Дать гигиеническую оценку условий проживания в населенном пункте N по радиационному фактору.

3. Составить план ведения государственного санитарного надзора.

4. Предложить рекомендации для населения.

Алгоритм расчета. Суммарная годовая эффективная доза (E) для человека рассчитывается путем суммации годовой эффективной дозы внешнего и внутреннего облучения.

$$E = E_{\text{внеш}} + E_{\text{инг}} + E_{\text{перор}}$$

Годовая эффективная доза, сформированная за счет внешнего облучения ($E_{\text{внеш}}$) определяется следующим образом:

$$E_{\text{внеш}} = K_{\text{об.}} \cdot K_{\text{защ.}} \cdot [H(d) - H(d)_0],$$

где: $K_{\text{об.}}$ — обобщенный коэффициент перехода от мощности AMBIENTНОГО эквивалента дозы в воздухе к годовой эффективной дозе внешнего облучения тела человека, равный $5,3 \text{ мЗв} \cdot \text{ч}/(\text{год} \cdot \text{мкЗв})$;

$K_{\text{защ.}}$ — безразмерный коэффициент, характеризующий сезонные колебания уровня $H(d)$, различные режимы поведения и защитные свойства рабочих и жилых помещений критической группы населения (лесники, механизаторы, полеводы, рабочие зеленхозов и ЖКХ и др.). Значения $K_{\text{защ.}}$ для разных типов населенных пунктов: село — 0,41; ПГТ — 0,30; город — 0,24;

$H(d)$ — мощность AMBIENTНОГО эквивалента дозы в населенном пункте в настоящий момент, мкЗв/ч;

$H(d)_0$ — мощность AMBIENTНОГО эквивалента дозы в населенном пункте до аварии на ЧАЭС, мкЗв/ч;

$$E_{\text{внеш}} = 5,3 \cdot 0,41 \cdot 0,29 = 0,63 \text{ мЗв/год.}$$

Годовая эффективная доза внутреннего облучения определяется суммарно за счет ингаляционного и перорального поступления.

Годовая эффективная доза, сформированная за счет перорального поступления радионуклидов, определяется следующим образом:

$$E_{\text{перор}} = M \cdot A \cdot e(g),$$

где: M — годовое потребление продукта, кг/год;

A — среднегодовая удельная (или объемная) активность данного продукта, Бк/кг;

$e(g)$ — ожидаемая эффективная доза на единицу перорального поступления, Зв/Бк. (см. таб. 3 прил. 3 к Гигиеническому нормативу «Критерии оценки радиационного воздействия»).

$$M = 128 \text{ кг/год;}$$

$$A = 4,9 \cdot 10^{-9} \cdot 3,7 \cdot 10^{10} = 181,3 \text{ Бк/кг,}$$

$$e(g) = 1,3 \cdot 10^{-8} \text{ Зв/Бк,}$$

$$E_{\text{перор}} = M \cdot A \cdot e(g) = 128 \cdot 181,3 \cdot 1,3 \cdot 10^{-8} = 30\,168 \cdot 10^{-8} = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ Зв/год} \\ = 0,3 \text{ мЗв/год.}$$

Годовая эффективная доза, сформированная за счет ингаляционного поступления радионуклидов, определяется следующим образом:

$$E_{\text{инг}} = V \cdot A \cdot e(g)$$

где: V — годовой объем вдыхаемого воздуха, куб.м/год (гл. 2 п. 4 Гигиенического норматива «Критерии оценки радиационного воздействия»);

A — среднегодовая объемная активность воздуха, Бк/куб.м;

$e(g)$ — ожидаемая эффективная доза на единицу ингаляционного поступления, Зв/Бк. (таб. 2 прил. 3 к Гигиеническому нормативу «Критерии оценки радиационного воздействия»).

$$V = 8,1 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$A = 8,8 \cdot 10^{-13} \cdot 3,7 \cdot 10^{10} = 27 \cdot 10^{-3} \text{ Бк/л} = 32,6 \text{ Бк/м}^3$$

$$e(g) = 4,6 \cdot 10^{-9} \text{ Зв/Бк}$$

$$E_{\text{инг}} = V \cdot A \cdot e(g) = 8,1 \cdot 10^3 \cdot 32,6 \cdot 4,6 \cdot 10^{-9} = 1214,7 \cdot 10^{-6} \text{ Зв/год} = \\ = 1,21 \text{ мЗв/год}$$

$$E = 0,63 + 0,3 + 1,21 = 2,14 \text{ мЗв/год}$$

Таким образом, годовая эффективная доза, полученная жителем населенного пункта N за счет внешнего и внутреннего облучения, составляет 2,14 мЗв/год.

Задание для самостоятельной работы:

1. По данным, полученным в результате лабораторного аналитического контроля, провести анализ вклада радионуклидов, поступивших различными путями в формирование дозы облучения населения.

2. Оценить уровень загрязнения продуктов питания радионуклидами.

3. Оценить уровень внешнего облучения.

4. Подготовить обоснованное Заключение о соответствии/несоответствии условий проживания по радиационному фактору в населенном пункте N требованиям нормативных правовых актов Республики Беларусь.

5. Подготовить план ведения государственного санитарного надзора на обследуемой территории и предложить наиболее эффективные мероприятия по снижению дозовой нагрузки на население с учетом компетенции органов государственного санитарного надзора и других ведомств.

6. Подготовить рекомендации для населения, проживающего в населенном пункте N, с учетом результатов проведенного обследования.

7. Результаты гигиенической оценки условий проживания населения по радиационному фактору представить в форме Акта гигиенической экспертизы.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ

1. Объемная активность образца — это:

а) отношение активности A радионуклида в образце к массе образца: $A_v = A/m$;

б) отношение активности A радионуклида в образце к объему образца: $A_v = A/V$;

в) отношение активности A радионуклида в образце к массе точечной пробы: $A_v = A/m_{\text{пробы}}$;

г) отношение активности A радионуклида в образце к скорости счета образца: $A_v = A/v$;

д) отношение активности A радионуклида в образце к времени счета образца: $A_v = A/t$.

2. Испытания пищевых продуктов на содержание радионуклидов могут проводить лаборатории:

а) все организации, имеющие средства радиационного контроля;

б) в установленном порядке аккредитованные на техническую компетентность и независимость организации;

в) на измерительных установках, прошедших поверку;

г) по методикам, соответствующим Перечню методических документов, допущенных к применению в сети радиационного контроля Республики Беларусь;

д) на измерительных установках, метрологические характеристики которых подтверждены организацией, аккредитованной для такого рода работ.

3. Результаты лабораторных исследований (испытаний) могут быть оформлены следующим итоговым документом:

а) протоколом испытаний;

б) актом гигиенической экспертизы, протоколом испытаний;

в) актом сдачи-приемки;

г) актом отбора образцов;

д) заключением о соответствии/несоответствии.

4. В компетенцию органов госнадзора не входит:

а) индивидуальный дозиметрический контроль внешнего облучения критических групп населения;

б) контроль радиоактивного загрязнения сельхозпродукции и продуктов питания, производимых в личных подсобных хозяйствах;

в) разработка и утверждает нормы радиационной безопасности и санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений;

г) оценку и прогноз доз облучения населения;

д) организация ведомственного лабораторного контроля.

5. Измеряемыми параметрами радиационного контроля внутреннего облучения являются:

а) мощность дозы гамма излучения (МД);

б) плотность потока частиц;

в) активность радионуклидов в объектах контроля (вода, воздух, почва, продукты питания, организм человека и др.);

г) дозы, полученные населением в результате индивидуального дозиметрического контроля;

д) активность радионуклидов в сельхозпродукции и продуктах питания.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Ильин, Л. А. Радиационная гигиена : учеб. / Л. А. Ильин, В. Ф. Кириллов, И. П. Коренков. Москва : ГЕОТАР-Медиа, 2010. С. 355–359, 375–380.

Дополнительная

2. Радиационная и экологическая медицина. Лабораторный практикум / под ред. А. Н. Стожарова. Минск : Минфина, 2012. С. 54–59, 67–85.

3. Сайт кафедры radbez.bsmu.by.

Нормативные документы

4. Закон Республики Беларусь от 18.06.2019 № 198-З «О радиационной безопасности».

5. *Нормы* и правила по обеспечению ядерной и радиационной безопасности «Безопасность при обращении с источниками ионизирующего излучения». Постановление МЧС РБ № 22 от 31.05.2010 (в редакции постановления МЧС от 21.08.2013 № 37), гл. 4 Классификация источников ионизирующего излучения.

5. *Санитарные нормы* и правила «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии и источников ионизирующего излучения», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 31.12.2013 № 137. Гл. 1–7, 9–12, 14, прил. 1–10.

6. *Санитарные нормы* и правила «Требования к радиационной безопасности», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 № 213.

7. *Гигиенический норматив* «Критерии оценки радиационного воздействия», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 № 213. Прил. 1, 5, 15, 17, 19–21.

8. *Инструкция* 2.6.1.10-13-43-2006 «Работа органов и учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор, по разделу радиационной гигиены» (утвержде-

на постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 22.11.2006 г. № 163).

9. *Санитарные нормы и правила* 2.6.1.8-38-2003. «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований». Минск, 2004. 72 с.

10. *Договор* о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 года.

11. *О применении санитарных мер в таможенном союзе*: Решение комиссии таможенного союза от 28.05.2010 г. № 299

Глава 2

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ И НОРМАТИВНОЕ ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОВЕДЕНИЯ ДОЗИМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Цель изучения: усвоить методы дозиметрического контроля факторов среды обитания человека, необходимые для эффективного ведения государственного санитарного надзора.

Проведение радиационного контроля (РК) должно быть метрологически обеспечено для получения достоверной измерительной информации о значениях радиационных характеристик контролируемых объектов. Метрологическое обеспечение РК осуществляют в целях получения таких результатов контроля, использование которых создает условия для взаимного признания их всеми заинтересованными сторонами и исключает или сводит к допустимому уровню риск принятия неправильного решения о состоянии объекта контроля или его соответствии установленным требованиям. Получение достоверной измерительной информации достигается за счет единообразия применяемых основных понятий, величин и их единиц; оценки неопределенности измерений и обеспечения метрологической прослеживаемости измерений; контроля качества измерений при РК. Метрологическое обеспечение РК учитывает следующие особенности измерений ионизирующих излучений:

- стохастический (вероятностный) характер физических величин;
- наличие существенных факторов, влияющих на достоверность показаний средств измерений;
- различие измеряемых и нормируемых величин.

Используемая в ходе дозиметрического контроля аппаратура должна отвечать следующим основным требованиям:

- обеспечивать получение достоверной информации о радиационной обстановке и уровне облучения персонала и населения при современных масштабах применения ионизирующего излучения;

- обладать минимальным ходом с жесткостью в интервале энергий до 3 МэВ;
- иметь широкий диапазон чувствительности и сравнительно небольшие размеры детектора для измерения узких пучков излучения;
- иметь автономное питание и небольшую массу прибора.

Большинство выпускаемых в настоящее время дозиметрических и радиометрических приборов не универсальны и могут работать в сравнительно небольшом диапазоне энергий, поэтому при выборе приборов для санитарно-дозиметрического контроля необходимо учитывать: вид, энергию и интенсивность излучения, размеры детектора, предел чувствительности, качество градуировки, погрешность измерения, условия окружающей среды и другие параметры в полном соответствии с паспортными данными приборов.



Рис. 1. Контроль эффективности стационарных средств радиационной защиты в рентгенкабинете

Лабораторная работа

ОФОРМЛЕНИЕ АКТА ОБСЛЕДОВАНИЯ РАДИАЦИОННОГО ОБЪЕКТА, ЭКСПЛУАТИРУЮЩЕГО УГИИ

В процессе выполнения работы необходимо освоить алгоритм анализа обеспечения гигиенической и радиационной безопасности на объекте, эксплуатирующем медицинскую рентгенодиагностическую аппаратуру и, изучив предоставленный комплект документов, **оценить** результат измерений

МЭД (рис. 1 и протокол измерений) и **оформить** акт обследования данного объекта (приложение 1).

В акте обследования при проведении государственной санитарно-гигиенической экспертизы работ и услуг, представляющих потенциальную опасность для жизни и здоровья населения, **должно быть отражено:**

I. Реквизиты учреждения, специалисты которого проводят обследование.

II. Вводная часть:

1) Дата, фамилия, инициалы и должность лица, проводившего обследование.

2) Наименование субъекта (название юридического лица, фамилия, инициалы индивидуального предпринимателя, адрес, телефон/факс).

3) На основании чего проводилось обследование (напр.: заявления с указанием даты и номера).

4) Цель обследования (напр.: проведение государственной санитарно-гигиенической экспертизы работ и услуг, представляющих потенциальную опасность для жизни и здоровья населения — деятельность в области здравоохранения).

5) В чьем присутствии проводится обследование объекта.

III. Основные данные:

1) Фамилия, инициалы и должность лица, ответственного за радиационную безопасность, приказ, специальное обучение по вопросам обеспечения радиационной безопасности с оценкой знаний.

2) Фамилия, инициалы и должность лица, ответственного за контроль за обеспечением радиационной безопасности, приказ, специальное обучение по вопросам обеспечения радиационной безопасности с оценкой знаний.

3) Фамилия, инициалы и должность лица, ответственного за учет и хранение рентгеновских аппаратов, приказ.

4) Фамилия, инициалы и должность лица, ответственного за техническое состояние ИИИ; приказ.

5) Приказ об отнесении работающих лиц к категории «персонал».

IV. Документация:

1) Санитарный паспорт на право работы с источниками ионизирующего излучения (номер, срок действия).

2) Эксплуатационная документация на рентгеновский аппарат (установку) на одном из государственных языков.

3) Технический паспорт на рентгеновский кабинет (номер, срок действия).

4) Протокол контроля эксплуатационных параметров аппарата.

5) Протоколы испытаний индивидуальных и передвижных средств радиационной защиты.

6) Акт проверки эффективности вентиляции.

- 7) Акт испытания устройства защитного заземления с указанием сопротивления растекания тока основных заземлителей.
- 8) Инструкция по радиационной безопасности при работе с рентгеновской аппаратурой.
- 9) Журнал регистрации инструктажа по радиационной безопасности.
- 10) Контрольно-технический журнал.
- 11) Приходно-расходный журнал учета источников ионизирующего излучения.
- 12) Порядок проведения контроля за обеспечением радиационной безопасности.
- 13) Система радиационного контроля.
- 14) Контролируемые параметры воздействия радиационного фактора.
- 15) План мероприятий по защите персонала и населения в случае радиационной аварии.
- 16) Инструкция по действиям персонала в аварийных ситуациях.
- 17) Радиационно-гигиенический паспорт пользователя ИИИ.
- 18) Протокол проверки знаний правил радиационной безопасности.
- 19) Заключение медицинской комиссии о прохождении персоналом предварительных и периодических медицинских осмотров.
- 20) Карточки учета индивидуальных доз внешнего облучения лиц, работающих с источниками ионизирующих излучений.
- 21) ССЭТ, санитарные правила, иные нормативные и инструктивно-методические документы, регламентирующие требования радиационной безопасности.

Вопросы для самоконтроля усвоения темы

1. Индивидуальные дозиметры используют:

- а) для контроля доз, формирующихся за счет ингаляционного поступления радионуклидов в организм;
- б) для контроля доз внешнего облучения организма, получаемых при работе с источниками ионизирующих излучений;
- в) для контроля доз, формирующихся за счет перорального поступления радионуклидов в организм;
- г) для контроля доз облучения за счет ингаляционного поступления радионуклидов в организм;
- д) для получения информации о дозах облучения всего населения за определенный период времени.

2. Дополнительные ограничения для профессионального облучения персонала (в ситуации планируемого облучения) установлены для:

- а) лиц из персонала мужского пола в возрасте 23–39 лет;

- б) лиц из персонала женского пола в возрасте до 45 лет;
- в) студентов и учащихся моложе 16 лет;
- г) лиц, страдающих хроническими заболеваниями;
- д) лиц из персонала в возрасте 50 лет и старше.

3. Контроль индивидуальных дозовых нагрузок персонала проводится:

- а) один раз в день;
- б) один раз в квартал;
- в) один раз в месяц;
- г) постоянно с регистрацией результатов измерения один раз в квартал;
- д) постоянно с регистрацией результатов измерения один раз в год.

4. Нормируемой величиной доз профессионального облучения в ситуации планируемого облучения является:

- а) месячная эквивалентная доза облучения кожи;
- б) годовая эффективная доза облучения кожи;
- в) годовая эквивалентная доза на поверхности нижней части живота женщин в возрасте до 45 лет;
- г) годовая эффективная доза, усредненная за любые последовательные 5 лет;
- д) плотность потока частиц с загрязненной радионуклидами поверхности.

5. Внеплановый радиационный дозиметрический контроль работы рентгенкабинетов проводится при:

- а) изменении приказа об отнесении работников к категории «персонал»;
- б) изменении графика работы персонала;
- в) замене рентгеновской трубки;
- г) утверждении новых ССЭТ;
- д) замене защитных средств.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Ильин, Л. А. Радиационная гигиена : учеб. / Л. А. Ильин, В. Ф. Кириллов, И. П. Коренков. Москва : ГЕОТАР-Медиа, 2010. С. 132–145, 165–178, 190–195, 355–359, 375–380.

Дополнительная

2. Сайт кафедры radbez.bsmu.by.

Нормативные документы

3. Санитарные нормы и правила «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии и источников ионизирующего излучения», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 31.12.2013 № 137. Гл. 9–14, 20–22.

4. *Санитарные* нормы и правила «Требования к радиационной безопасности», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 № 213. Гл. 2.

5. Гигиенический норматив «Критерии оценки радиационного воздействия», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 № 213. Прил. 1, 5, 8.

6. *Санитарные* нормы и правила 2.6.1.8-38-2003 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований». Минск, 2004. 72 с.

7. ГОСТ 8.638-2013. Метрологическое обеспечение радиационного контроля.

Основные положения

8. Инструкция 2.6.1.11-8-41-2004 «Определение индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организация контроля профессионального облучения в контролируемых условиях обращения с источниками ионизирующего излучения» (утверждена постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 29.12.2004 г. № 157) (сборник «Радиационная безопасность» ч. 2).

9. Инструкция 2.6.1.10.11.99-2005 «Радиационный контроль при санитарно-гигиеническом обследовании радиационных объектов» (утверждена постановлением Главного государственного санитарного врача).

10. Инструкция по применению «Метод определения эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенодиагностических процедур» (утверждена Министерством здравоохранения Республики Беларусь 08.09.2016, рег. №038-0716).

Глава 3

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ И НОРМАТИВНОЕ ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОВЕДЕНИЯ РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ И РАДИОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Цель изучения: усвоить организацию работ с ОРНИ для реализации принципов обеспечения радиационной безопасности при контроле радиационной обстановки и применение радиометрических и радиохимических методов измерений при проведении радиационного контроля факторов среды обитания человека.

Открытый радионуклидный источник ионизирующего излучения (ОРНИ) — источник ионизирующего излучения, при обращении с которым возможно поступление радиоактивных веществ в окружающую среду.

Все работы с ОРНИ по степени потенциальной опасности переоблучения за счет поступления радионуклидов в организм подразделяют на 3 класса в зависимости от количества радионуклидов (фактическая активность) на рабочем месте и группы радиационной опасности изотопа.

Класс работ — характеристика работ с открытыми источниками ионизирующего излучения по степени потенциальной опасности для персонала, определяющая требования по радиационной безопасности.

В зависимости от класса выполняемых работ ОРНИ относят к I–III категории радиационной опасности (табл. 1 Прил. 2 к Гл. 3).

Принадлежность радионуклида к группе радиационной опасности устанавливается по МЗА в соответствии с пунктом 114 Санитарных норм и правил «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии и источников ионизирующего излучения» и приложением 13 к Гигиеническому нормативу «Критерии оценки радиационного воздействия». Короткоживущие радионуклиды с периодом полураспада менее 24 ч, не приведенные в данном приложении, относятся к группе Г.

Виды классов работ с ОРНИ приведены в приложении 16 к Гигиеническому нормативу «Критерии оценки радиационного воздействия». В случае нахождения на рабочем месте радионуклидов разных групп радиационной опасности их активность приводится к группе А радиационной опасности по формуле:

$$\tilde{N}_y = \tilde{N}_A + i\zeta A_A \sum \left(\frac{C_i}{i\zeta A_i} \right)$$

где: C_Σ — суммарная активность, приведенная к активности группы А (Бк);
 C_A — активность радионуклидов группы А, находящихся на рабочем месте (Бк);

MZA_A — минимально значимая активность для группы А (Бк);

C_i — активность радионуклида i , не относящегося к группе А (Бк);

MZA_i — минимально значимая активность радионуклида i , (Бк).

Общие требования к объему контроля радиационной обстановки устанавливаются на этапе проектирования нового объекта по согласованию с органами государственного регулирования радиационной безопасности. Определенный проектом объем радиационного контроля подлежит уточнению в процессе эксплуатации в зависимости от реально сложившейся радиационной обстановки в данной организации и на прилегающей территории, а также при изменении технологических процессов, но не реже 1 раза в 5 лет. Контроль радиационной обстановки распространяется на производственные помещения, территорию объекта, санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения. Контроль радиационной обстановки отражается в Порядке (Системе) радиационного контроля: перечень видов контроля и контролируемых параметров, точек измерения и периодичности контроля, типов радиометрической и дозиметрической аппаратуры и т. д.

Контроль уровней радиоактивного загрязнения поверхностей является неотъемлемым элементом производственного радиационного контроля и служит для подтверждения эффективности действия барьеров по нераспространению радиоактивных веществ.

Радиационная опасность радионуклидного загрязнения поверхностей помещений и оборудования обусловлена как непосредственным воздействием ионизирующего излучения, так и переходом радиоактивных веществ с загрязненных поверхностей в воздух и на чистые.

Радиоактивное загрязнение кожных покровов, спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты (СИЗ) является существенным фактором, определяющим внешнее и внутреннее облучение человека. Опасность радиоактивного загрязнения поверхностей существенно зависит от степени фиксации радионуклидов на поверхности. Различают два вида радиоактивного загрязнения поверхностей: **снимаемое** (нефиксированное) и **неснимаемое** (фиксированное).

Снимаемое (нефиксированное) радиоактивное загрязнение поверхностей — загрязнение, при котором радиоактивные вещества переносятся при контакте на другие предметы и удаляются при дезактивации. Оно представляет основную радиационную опасность.

Неснимаемое (фиксированное) радиоактивное загрязнение поверхностей — загрязнение, при котором радиоактивные вещества не переносятся при контакте на другие предметы и не удаляются при дезактивации.

Общее радиоактивное загрязнение поверхностей — сумма снимаемого и неснимаемого радиоактивного загрязнения поверхностей.

Связь между уровнем радиоактивного загрязнения поверхности (и обусловленной им эффективной дозой облучения персонала) и эквивалентной дозой облучения кожных покровов и хрусталика глаза носит корреляционный характер: в целом, чем выше уровень радиоактивного загрязнения поверхности, тем выше доза облучения персонала.

Радиационный контроль радиоактивного загрязнения поверхностей осуществляется специалистами службы радиационной безопасности организации или независимых испытательных лабораторий радиационного контроля.

Для контроля радиоактивного загрязнения используют прямой и косвенный методы. **Прямой метод** — определение уровня общего загрязнения поверхности путем определения активности радионуклидов (плотности потока α - или β -частиц) непосредственно на рабочей поверхности с использованием приборов (приборный метод). **Косвенный метод** — определение уровня снимаемого загрязнения путем снятия мазков и последующего определения их активности (метод мазков).

Метод мазков — это способ контроля уровней радиоактивного загрязнения поверхностей путем определения активности радиоактивного вещества, снятого с контролируемой поверхности контактным путем.

Контроль радиоактивного загрязнения методом мазков является наиболее показательным для оценки опасности загрязнения воздушной среды и разноса радиоактивных веществ на окружающие поверхности.

Метод мазков позволяет осуществить непосредственное измерение снимаемого загрязнения, его также удобно применять при контроле уровней радиоактивного загрязнения поверхностей сложной формы, а также внутренних поверхностей емкостей и других труднодоступных мест.

Различают метод сухих и влажных мазков. При отборе пробы методом влажных мазков используемый материал смачивают в воде или в разбавленной азотной кислоте (1–1,5 моль/л) или в этиловом спирте, что повышает долю снимаемого радиоактивного вещества с загрязненной поверхности. Сухие мазки отбирают обычно фильтровальной бумагой, влажные — при помощи хлопчатобумажной ткани, марли, ватных тампонов.

Экспериментально показано, что коэффициент снятия мазка практически не зависит от материала при помощи которого отбирается мазок. В табл. 1 приведены средние коэффициенты снятия для различных мазков, снятых с разных материалов (нержавеющая сталь, линолеум, алюминий, керамическая плитка).

Таблица 1

**Средние коэффициенты снятия для различных мазков,
снятых с разных материалов**

Метод снятия мазка	Средний коэффициент снятия K_m , отн. ед.
Сухой мазок	0,2
Марлевым тампоном, смоченным водой или этиловым спиртом	0,4
Марлевым тампоном, увлажненным азотной кислотой с концентрацией 1–1,5 моль/л (6,5–9 %)	0,8
Последовательно двумя марлевыми тампонами, увлажненными азотной кислотой 1–1,5 моль/л (6,5–9 %) и затем сухим марлевым тампоном	0,9–1,0

Примечание. Вместо марли можно использовать ватный тампон.

Для повторных мазков с одного и того же места (вплоть до пятикратных) $K_m = 0,2 + 0,02$, т. е. по активности первичного мазка можно судить достаточно точно об уровне снимаемого радиоактивного загрязнения.

Контроль радиоактивного загрязнения поверхностей методом мазков можно разделить на следующие этапы:

- 1) подготовка к снятию мазка;

- 2) отбор пробы при помощи мазка;
- 3) подготовка счетного образца;
- 4) измерение активности счетного образца;
- 5) определение уровня радиоактивного загрязнения.

При контроле снимаемого бета-активного загрязнения поверхности возможно измерение активности мазка путем непосредственного измерения бета-радиометром без подготовки счетного образца.

Для измерения активности счетного образца необходимо использовать α -, β - и γ -радиометры.

Преимуществом радиохимических методов является возможность определения радионуклидов при их чрезвычайно низких концентрациях. Для этих целей в лаборатории применяются методики с радиохимическим выделением радионуклидов (методы осаждения, экстракции, хроматографии, электролиза) с последующими радиометрическими и спектрометрическими измерениями.

Лабораторная работа

ОФОРМЛЕНИЕ АКТА ОБСЛЕДОВАНИЯ РАДИАЦИОННОГО ОБЪЕКТА, ЭКСПЛУАТИРУЮЩЕГО ОРНИ

В процессе выполнения работы необходимо освоить алгоритм анализа обеспечения гигиенической и радиационной безопасности на объекте, эксплуатирующем ОРНИ и, изучив предоставленный комплект документов, **оформить** акт обследования данного объекта (приложение ...), **оценить** по приложению 12 к ГН «Критерии оценки радиационного воздействия» снимаемое поверхностное загрязнение радионуклидами, зафиксированное в протоколе испытаний.

В акте обследования при проведении государственной санитарно-гигиенической экспертизы работ и услуг, представляющих потенциальную опасность для жизни и здоровья населения, **должно быть отражено:**

I. Реквизиты учреждения, специалисты которого проводят обследование.

II. Вводная часть.

1. Дата, фамилия, инициалы и должность лица, проводившего обследование.

2. Наименование субъекта (название юридического лица, фамилия, инициалы индивидуального предпринимателя, адрес, телефон/факс).

3. На основании чего проводилось обследование (напр.: заявления с указанием даты и номера).

4. Цель обследования (напр.: проведение государственной санитарно-гигиенической экспертизы работ и услуг, представляющих потенциальную опасность для жизни и здоровья населения — деятельность в области

здравоохранения, в части применения открытых радионуклидных источников в изотопной лаборатории).

5. В чьем присутствии проводится обследование.

III. Основные данные.

1. Описание расположения объекта (здание, этаж, состав помещений); оценка санитарно-технического состояния помещений.

2. Назначение помещений, класс проводимых работ, наличие знака радиационной опасности (где указано, напр.: на двери).

3. Описание места проведения технологических операций по подготовке радиоактивных фармацевтических препаратов (РФП) к введению в организм пациентов (напр.: шкаф лабораторный защитный модель _____, лотки и поддоны и т. п.); если используется генератор технеция — указать, где находится.

4. Если в лаборатории проводится радионуклидная диагностика *in vivo*, то обязательно указывается: активность генератора радионуклидов технеция-99 (МБк), общее количество (активность) в год (МБк). Аналогичным образом описываются все используемые в подразделении РФП.

5. Наличие и использование средств радиационной защиты пациентов и персонала. Контроль защитной эффективности средств радиационной защиты (протокол испытаний с указанием номера, даты и учреждения, проводившего испытания).

6. Наличие аварийных комплектов СИЗ.

7. Сбор, временное хранение, маркировка и обращение с радиоактивными отходами.

8. Приборы, используемые для проведения радиационного контроля, в том числе и калибратор: название, заводской номер; свидетельство о поверке с указанием номера и срока действия.

9. Контроль нерадиационных факторов в кабинетах, с указанием сроков проведения.

10. Маркировка рабочего инвентаря.

IV. Документация.

1. Санитарный паспорт на право работы с ИИИ (номер, срок действия).

2. Технический паспорт (номер, срок действия).

3. Заказ-заявка на поставку ИИИ (срок, номер и дата согласования).

4. Приходно-расходный журнал учета генераторов короткоживущих радионуклидов (дата получения последнего генератора), как, кому и с чьего разрешения выдается генератор.

5. Ведение журналов:

– журнала приготовления рабочих растворов РФП;

– журнала введения радиофармацевтических препаратов пациентам;

– журнала радиоактивных отходов.

6. Оформление расходования РФП.

7. Когда и кем согласована и утверждена система радиационного контроля для обеспечения радиационной безопасности. Дата согласования контролируемых параметров воздействия радиационного фактора.

8. Проведение радиационного контроля за обеспечением радиационной безопасности: соответствие системе радиационного контроля и плану-схеме замеров МЭД в лаборатории.

9. Регистрация результатов замеров: журнал радиационного дозиметрического контроля, журнал учета бета-загрязненности у персонала.

10. Учет дозовых нагрузок пациентов при исследованиях. Наличие назначения врача-специалиста и письменного согласия пациента.

11. Технический отчет электрофизических испытаний электрооборудования с протоколами проверки соединений заземлителей с заземляемыми элементами (номер, дата).

12. Технический отчет по результатам обследования, испытания и паспортизации вентиляционных установок (номер, дата), акт обследования кратности воздухообмена в помещениях изотопной лаборатории (номер, дата). Приказ (номер, дата) об отнесении работников к категории «персонал» (актуальность списочного состава и количество человек). Проверка знаний персонала по радиационной безопасности: периодичность, приказ (номер, дата) о создании комиссии по проверке знаний персонала по радиационной безопасности, протокол проверки знаний с зачетом (номер, дата).

13. Приказ (номер, дата) о назначении ответственного за контроль за обеспечением радиационной безопасности по учреждению и ответственного за радиационную безопасность в изотопной лаборатории; ответственного за осуществление радиационного контроля (с указанием занимаемой должности и Ф.И.О.). Подготовка специалистов по вопросам обеспечения радиационной безопасности (номер, дата и кем выданы свидетельства). Проверка знаний законодательства в области радиационной безопасности (номер, дата протоколов).

14. Приказ (номер, дата) о назначении ответственного за получение, учет, хранение ОРнИ, получение РФП.

15. Инструктаж по радиационной безопасности персонала, работающего с ИИИ: периодичность проведения, учет в соответствующем журнале, дата последнего повторного инструктажа.

16. Прохождение медицинского осмотра персоналом: периодичность, акт периодического медосмотра (даты).

17. Обеспечение персонала средствами индивидуального дозиметрического контроля: периодичность, организация, ведение карточек учета индивидуальных доз внешнего облучения лиц, работающих с ИИИ.

18. Наличие и с кем согласован радиационно-гигиенический паспорт пользователя ИИИ.

19. Наличие и с кем согласованы следующие документы:
- План мероприятий по защите персонала и населения в случае радиационной аварии;
 - Порядок проведения контроля за обеспечением радиационной безопасности;
 - Инструкция по радиационной безопасности при работе с ИИИ в изотопной лаборатории;
 - Инструкция по действиям персонала в аварийных ситуациях в изотопной лаборатории;
 - категория потенциальной опасности ИИИ;
 - схема обращения с радиоактивными отходами.
20. Референтные уровни и граничные дозы (дата утверждения).
21. Программа контроля качества при использовании РФП (наличие, дата утверждения).
22. Наличие необходимых ТНПА по радиационной безопасности.

Вопросы для самоконтроля усвоения темы

1. К ОРНИ относят:

- а) радионуклидные источники излучения, устройство которых исключает поступление содержащихся в них радиоактивных веществ в окружающую среду;
- б) радионуклидные источники излучения, при использовании которых возможно поступление содержащихся в них радиоактивных веществ в окружающую среду;
- в) радионуклидные источники излучения, при работе с которыми персонал может подвергаться только внешнему облучению;
- г) устройства, генерирующие электромагнитное ионизирующее излучение.

2. Класс работ — это:

- а) характеристика работ с любыми источниками ионизирующего излучения по степени потенциальной опасности для населения;
- б) характеристика работ с открытыми радионуклидными источниками ионизирующего излучения по степени потенциальной опасности для персонала, определяющая требования по обеспечению радиационной безопасности;
- в) характеристика работ с закрытыми радионуклидными источниками ионизирующего излучения по степени потенциальной опасности для персонала, определяющая требования по обеспечению радиационной безопасности;
- г) характеристика работ с открытыми радионуклидными источниками ионизирующего излучения в зависимости от применяемых средств защиты персонала.

3. Класс работ при использовании открытых радионуклидных источников излучения устанавливается в зависимости от:

- а) биологического периода полувыведения радионуклида из организма;
- б) периода полураспада радионуклида;
- в) группы радиационной опасности радионуклида и его фактической активности на рабочем месте;
- г) обеспеченных условий радиационной безопасности;
- д) эффективного периода уменьшения активности радионуклида в организме.

4. Индивидуальный дозиметрический контроль внутреннего облучения персонала вводится:

- а) для работников, у которых возможно превышение ожидаемой эффективной дозы облучения в результате ингаляционного поступления радиоактивных аэрозолей;
- б) для врачей-радиологов кабинета дистанционной гамма-терапии;
- в) при проведении работ с использованием стационарных аппаратов для рентгеновской дефектоскопии;
- г) для врачей-рентгенологов;
- д) при проведении операций с любым источником ионизирующего излучения, при которых возможно возникновение аварийных ситуаций.

5. Снимаемое (нефиксированное) радиоактивное загрязнение поверхностей:

- а) представляет меньшую радиационную опасность, чем фиксированное;
- б) загрязнение, при котором радиоактивные вещества не переносятся при контакте на другие предметы, но удаляются при дезактивации;
- в) синоним термина «общее радиоактивное загрязнение поверхностей»;
- г) загрязнение, при котором радиоактивные вещества переносятся при контакте на другие предметы и удаляются при дезактивации;
- д) можно определить методом прямого измерения.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Ильин, Л. А. Радиационная гигиена : учеб. / Л. А. Ильин, В. Ф. Кириллов, И. П. Коренков. Москва : ГЕОТАР-Медиа, 2010. С. 145–178, 190–195, 329–360, 375–380.

Дополнительная

2. Радиационная и экологическая медицина. Лабораторный практикум / под ред. А. Н. Стожарова. Минск : Минфина, 2012. С. 137–139, 149–165.

Нормативные документы

3. Санитарные нормы и правила «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при осуществлении деятельности по использова-

нию атомной энергии и источников ионизирующего излучения», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 31.12.2013 № 137. Гл. 9–12, 15–22, прил. 1, 2, 5–10.

4. Санитарные нормы и правила «Требования к радиационной безопасности», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 № 213.

5. Гигиенический норматив «Критерии оценки радиационного воздействия», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 № 213. Прил. 1, 5, 8, 12, 13, 16.

6. Санитарные нормы и правила 2.6.1.13-55-2005 «Гигиенические требования к обеспечению радиационной безопасности при проведении радионуклидной диагностики», утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 28.12.2005 г. № 273 с изменениями и дополнениями, утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 18.06.2007 г. № 56.

7. Санитарные нормы и правила «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при обращении с радиоактивными отходами», утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 31.12.2015 № 142.

8. ГОСТ ISO/IEC 17043 2013 Межгосударственный стандарт «Оценка соответствия. Основные требования к проведению проверки квалификации», 34 с.

9. ГОСТ ИСО/МЭК 17025 2009 Межгосударственный стандарт «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий», 62 с.

10. ГОСТ 8.638-2013. Межгосударственный стандарт «Метрологическое обеспечение радиационного контроля. Основные положения».

Глава 4

РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Цель изучения: усвоить методику проведения радиационно-гигиенического обследования жилых и общественных зданий.

Контролируемой величиной в зданиях и сооружениях является мощность эффективной дозы H (мкЗв/ч) (далее МЭД) γ -излучения. В помещениях зданий регламентируется мощность амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (мкЗв/ч) (далее МЭД). Измерения этих радиационных факторов в помещениях проводятся подразделениями радиационного контроля, аккредитованными в установленном порядке в данной области измерений. Средства измерений, предназначенные для контроля радиационной обстановки в жилых и других помещениях, должны иметь действующие свидетельства о государственной метрологической поверке.

Измерения МЭД гамма-излучения на открытой местности производятся вблизи обследуемого здания не менее чем в 5 точках, расположенных на расстоянии от 30 до 100 м от существующих зданий и сооружений и не ближе

20 м друг от друга. Точки измерений следует выбирать на участках местности с естественным грунтом, не имеющим локальных техногенных изменений (щебень, песок, асфальт) и радиоактивного загрязнения. При измерениях блок детектирования располагают на высоте 1 м над поверхностью земли. В каждой точке число измерений должно быть не менее десяти. За результаты измерений в каждой i -той точке на открытой местности N_o принимается среднее арифметическое полученных в ней измерений, а случайную составляющую погрешности результата измерения Δo_i (для доверительной вероятности $P = 0.95$ рассчитывают по формуле:

$$\Delta o_i = t_{0,95} \cdot S_i$$

где: $t_{0,95}$ — значение коэффициента Стьюдента для доверительной вероятности $P = 0.95$ Значения коэффициентов Стьюдента $t_{0,95}$ и $t_{0,99}$ приведены в табл. 2.

S_i — среднеквадратичное отклонение результата измерения от среднего, которое рассчитывается по результатам всех N повторных измерений в i -той точке по формуле:

$$(S_i)^2 = (1/N \cdot (N-1)) \cdot \Sigma(H_{oi} - H_{oi,n})^2$$

где: $H_{oi,n}$ — n -ое измерение МЭД гамма-излучения в i -той точке.

Таблица 2

Значения критерия Стьюдента t_p в зависимости от числа степеней свободы $(n - 1)$ и доверительной вероятности P

$n - 1$	$t_{0,95}$	$t_{0,99}$	$n - 1$	$t_{0,95}$	$t_{0,99}$	$n - 1$	$t_{0,95}$	$t_{0,99}$
1		63,657	13	2,160	3,012	25	2,060	2,787
2	4,303	9,925	14	2,145	2,977	26	2,056	2,779
3	3,182	5,841	15	2,131	2,947	27	2,052	2,771
4	2,776	4,604	16	2,120	2,921	28	2,048	2,763
5	2,571	4,032	17	2,110	2,898	29	2,045	2,756
6	2,447	3,707	18	2,101	2,878	30	2,043	2,750
7	2,365	3,499	19	2,093	2,861	40	2,021	2,704
8	2,306	3,355	20	2,086	2,845	60	2,000	2,660
9	2,262	3,250	21	2,080	2,831	120	1,980	2,617
10	2,228	3,169	22	2,074	2,819	> 120	1,960	2,576
11	2,201	3,106	23	2,069	2,807			
12	2,179	3,055	24	2,064	2,797			

$$n = (\Delta^2 o - \Delta^2 k)^2 / [\Delta^4 o / (N_o + 1) + \Delta^4 k / (N_k + 1) - 2],$$

где N_o и N_k — число повторных измерений на открытой местности (в пункте с наименьшим средним значением МЭД) и в k -м помещении соответственно.

В качестве оценки измеренного значения МЭД гамма-излучения на открытой местности за H_0 принимают наименьшее из полученных результатов измерений H_{oi} в i -й точке, а за случайную составляющую погрешности этого результата Δ_0 — соответствующую величину для результата измерений в этой точке. Результат измерения МЭД γ -излучения на открытой местности вблизи обследуемого здания представляют в форме: $H_0 \pm \Delta_0$, мкЗв/ч.

Значение H_0 может различаться для разных типов и экземпляров приборов, поэтому эти значения должны быть получены для всех экземпляров приборов, используемых при обследовании здания.

Значение МЭД γ -излучения в проектируемых новых зданиях жилищного и общественного назначения не должно превышать среднее значение мощности дозы на открытой местности (в районе расположения здания) более чем на 0,2 мкЗв/ч. Объем контроля МЭД γ -излучения должен быть достаточным для выявления всех помещений, где значения МЭД могут превышать установленный предел, а также для оценки максимальных значений МЭД в типичных помещениях (по функциональному назначению, занимаемой площади, на этаже, в подъезде, а также по типу использованных стройматериалов). Измерения МЭД γ -излучения в помещениях сдаваемого в эксплуатацию здания проводятся, как правило, выборочно. Для проведения измерений выбирают типичные помещения, ограждающие конструкции которых изготовлены из различных строительных материалов. При этом в многоэтажных зданиях выбирают помещения, подлежащие обследованию, на каждом этаже. Число обследуемых помещений выбирается в зависимости от этажности здания, числа помещений (квартир) и других характеристик здания. При этом: в односемейных домах, коттеджах (в том числе многоэтажных), школьных и дошкольных учреждениях измерения должны проводиться в каждом помещении; в многоквартирных домах при числе квартир до 10 и зданиях социально-бытового назначения при числе помещений до 30 измерения проводятся в каждой квартире для жилых зданий и в каждом помещении для других зданий; в многоквартирных домах при числе квартир до 100 и в зданиях социально-бытового назначения при числе помещений до 300 измерения проводятся не менее чем в 50 % квартир (помещений) в каждом подъезде; при числе квартир в жилом здании свыше 100 и числе помещений в здании социально-бытового назначения свыше 300 число обследуемых квартир (помещений) должно быть не менее 25 % от их общего числа в каждом из подъездов здания. При обследовании многоквартирных жилых домов измерения в каждой обследуемой квартире следует проводить не менее чем в двух помещениях, которые должны быть различными по функциональному назначению.

Для предварительной оценки радиационной обстановки в помещениях с целью выявления возможных локальных источников гамма-излучения проводят предварительное обследование, для проведения которого следует

использовать поисковые высокочувствительные гамма-радиометры (индикаторы) или высокочувствительные гамма-дозиметры, имеющие поисковый режим работы.

С поисковым радиометром (дозиметром) производят обход всех помещений обследуемого здания по периметру каждой комнаты, производя замеры на высоте 1 м от пола на расстоянии 5–10 см от стен, и по оси каждой комнаты, производя замеры на высоте 5–10 см над полом. При обнаружении локальных повышений показаний используемого прибора, производят поиск максимума и фиксируют в журнале его положение и показания прибора в точке максимума. Кроме того, в журнал заносят максимальные показания прибора в каждом помещении.

Конкретные помещения (квартиры), подлежащие обследованию по пункту выбираются с учетом результатов предварительного обследования. При этом обязательно должны обследоваться те из них, в которых зафиксированы максимальные показания поисковых радиометров (дозиметров), а также обнаружены точки локальных максимумов. Измерения МЭД внешнего гамма-излучения в каждом обследуемом помещении выполняют в точке, расположенной в его центре на высоте 1 м от пола, а также в выявленных участках с максимальным значением МЭД гамма-излучения. Число повторных измерений N выбирают из условия, чтобы случайная составляющая относительной погрешности оценки среднего значения результата измерения не превышала 20 %:

$$100 \cdot \Delta/N \leq 20 \%,$$

где N — оценка среднего значения результата измерения в помещении, а случайную составляющую погрешности результата измерения Δ для доверительной вероятности $P = 0,95$ рассчитывают по формуле:

$$\Delta = t_{0,95} \cdot S \text{ (мкЗв/ч)},$$

где $t_{0,95}$ — значение коэффициента Стьюдента для доверительной вероятности $P = 0,95$ (значения коэффициентов Стьюдента $t_{0,95}$ и $t_{0,99}$ приведены в табл. 2);

S — среднеквадратичное отклонение результата измерения от среднего, которое рассчитывается по результатам всех N повторных измерений в точке по формуле:

$$S^2 = (1/N \cdot (N - 1)) \cdot \Sigma(H_o - H_{o,n}),$$

где $H_{o,n}$ — n -е измерение МЭД гамма-излучения в точке.

Результат измерения МЭД гамма-излучения в данном помещении представляют в форме: $N + \Delta$ (мкЗв/ч).

Результаты всех измерений заносятся в рабочий журнал.

В зависимости от результатов оценки максимального значения измеренной мощности дозы в помещении принимаются следующие варианты решений:

1. Помещение считается удовлетворяющим нормативу, если измеренное значение МЭД в этом помещении (H , мкЗв/ч) с учетом погрешности (Δ_{Σ} , мкЗв/ч) удовлетворяет условию:

$$H - H_0 + \Delta_{\Sigma} < 0,2 \text{ мкЗв/ч,}$$

где H — измеренное значение МЭД гамма-излучения на открытой местности, мкЗв/ч; Δ_{Σ} — суммарная погрешность оценки разности двух величин — H и H_0 (мкЗв/ч), определяемая из выражения:

$$\Delta_{\Sigma} = \delta \cdot (H + H_0) + t_{0,95}(v) \cdot \sqrt{(S_0^2 + S^2)},$$

где δ — предел основной относительной погрешности дозиметра, значение которого принимают по паспорту или свидетельству о поверке;

$t_{0,95}(v)$ — значение коэффициента Стьюдента для доверительной вероятности $P = 0,95$ при числе наблюдений v ;

v — число степеней свободы, рассчитываемое по формуле:

$$v = [(S_0)^2 + S^2]^2 / [(S_0)^4 / (n + 1) + S^4 / (m + 1)] - 2,$$

где n — число повторных наблюдений при измерении H_0 и S_0 ; m — то же для H и S соответственно.

2. Если условие $H - H_0 + \Delta_{\Sigma} < 0,2$ мкЗв/ч не выполняется из-за большой погрешности оценки значения МЭД, то проводят дополнительные измерения с целью снижения суммарной погрешности измерения Δ_{Σ} , делая большее количество повторных измерений или используя дозиметры, имеющие меньшее значение основной погрешности.

3. Если по результатам измерений условие $H - H_0 + \Delta_{\Sigma} < 0,2$ мкЗв/ч не выполняется, то принимаются меры по выявлению причин повышенного значения мощности дозы гамма-излучения и решается вопрос о возможности их устранения, после чего измерения в данном помещении повторяют.

4. Если проведенные мероприятия не дали необходимого результата, то решается вопрос о перепрофилировании сдаваемых в эксплуатацию зданий (или их отдельных помещений).

В случае реконструкции или капитального ремонта существующих зданий перед началом проектно-изыскательских работ необходимо провести в них радиационное обследование с целью выяснения необходимости проведения защитных мероприятий и внесения их в план работ. При проведении обследования в эксплуатируемых зданиях выбор помещений для обследования зависит от конкретной ситуации, требований Заказчика (домовладельца, администрации и тому подобных) и должен согласовываться с территориальным органом

государственного санитарного надзора. При отсутствии каких-либо чрезвычайных ситуаций (наличие информации о локальных источниках, прогнозируемом превышении норматива и тому подобных) и требований Заказчика обследовать конкретные помещения, их выбор (при обследовании здания) и обследование проводится также, как и при приемке в эксплуатацию.

Для эксплуатируемого здания защитные мероприятия должны проводиться, если мощность эффективной дозы гамма-излучения в помещениях превышает мощность на открытой местности более чем на 0,2 мкЗв/ч.

Лабораторная работа

ПРОВЕДЕНИЕ РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

В ходе выполнения лабораторной работы необходимо **освоить**: методику проведения радиационно-гигиенического обследования жилых и общественных зданий с оценкой результата.

Выполнить:

- измерение мощности амбиента эквивалентной дозы в воздухе (МЭД) γ -излучения на открытой местности;
- измерение МЭД γ -излучения в учебном корпусе;
- расчет и оценку средних результатов измерения с вычислением погрешности.
- оформить результаты проведенных измерений в виде протокола.

Прежде чем приступить к выполнению лабораторной работы, необходимо выбрать средств измерения МЭД для контроля радиационной обстановки в помещениях. Все пункты лабораторной работы следует проводить в соответствии с теоретическим материалом, размещенным в теоретической части главы:

1. Выбор точек измерения на открытой местности;
2. Измерение мэд гамма-излучения на открытой местности;
3. Расчет результатов измерения с учетом погрешности;
4. Определение числа обследуемых помещений для контроля мэд гамма-излучения;
5. Предварительная оценка радиационной обстановки в помещениях поисковым дозиметром;
6. Запись в журнал максимальных показаний прибора в каждом помещении;
7. Выбор конкретных помещений, подлежащих обследованию по результатам предварительных измерений;
8. Измерение мэд гамма-излучения в каждом обследуемом помещении;
9. Оформление результатов всех измерений в рабочем журнале;

10. Расчет и оценка средних результатов измерения с вычислением погрешности;
11. Проведение дополнительных измерений при необходимости (большая погрешность оценки значения мэд);
12. Оценка максимального значения измеренной мощности дозы в помещении;
13. Выяснение необходимости проведения защитных мероприятий и внесения их в план работ;
14. Оформление результатов проведенных измерений в виде протокола установленной формы.

ФОРМА ПРОТОКОЛА РАДИАЦИОННОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ

(Наименование организации и лаборатории)

(номер аттестата об аккредитации и срок его действия)

ПРОТОКОЛ

радиационного обследования № от « _____ » _____ 20 ____ г.

Наименование объекта, его адрес

Назначение объекта (жилое или общественное здание)

Цель обследования объекта:

О приемка в эксплуатацию после завершения строительства;

О приемка в эксплуатацию после реконструкции или капремонта;

Об обследование эксплуатируемого здания

Заказчик:

Проект здания (тип, серия):

Характеристика объекта:

Год постройки (реконструкции, капремонта)

Количество этажей

Тип фундамента

Использованные стройматериалы

Содержание (ЕРН) радия-226 в стройматериалах _____

В засыпке _____

Система вентиляции в здании (естественная, принудительная, кондиционирование):

Система вентиляции подвальных помещений (естественная, принудительная, кондиционирование):

Средства измерения:

№ п/п	Тип прибора	Заводской номер	Номер свидетельства о гословрке	Срок действия свидетельства	Кем выдано свидетельство	Основная погрешность измерения

Нормативно-методическая документация, использованная при проведении измерений (методика выполнения измерения, номер и дата утверждения, кем утверждено)

Условия проведения измерений:

Состояние принудительной вентиляции (кондиционеров):

Подвал (штатный режим работы вентиляции, нештатный режим работы):

Вентиляция в остальные помещения здания (штатный режим работы, нештатный режим работы):

окна, двери помещений и подъездов (закрыты, открыты)

Указывать не обязательно:

Температура воздуха: в помещениях — °С
вне здания — °С.

Барометрическое давление, скорость ветра

Результаты измерений:

МЭД внешнего гамма-излучения на открытой местности

N п/п	Место измерения	Заводской № дозиметра	Дата измерения	Среднее значение Н _{0,j} мкЗв/ч	Минимальное значение Н ₀ , мкЗв/ч	Погрешность Д, мкЗв/ч

МЭД внешнего гамма-излучения в помещениях

N п/п	Место измерения: этаж, № помещения, назначение	Заводской номер дозиметра	Дата измерения	Показание поискового прибора (без указания погрешности)	Результат измерения Н, мкЗв/ч	Погрешность Л, мкЗв/ч	Н-Н ₀ +Д, мкЗв/ч

Лицо, ответственное за проведение обследования

Должность

Ф.И.О. _____ **Подпись**

Зав. лабораторией

Ф.И.О. _____ **Подпись**

Задания для самостоятельной работы:

1. Проведите радиационно-гигиеническое обследование учебного корпуса № 4 по адресу ул. Ленинградская, 6.
2. Оцените результаты обследования.
3. Заполните протокол установленной формы.

Вопросы для самоконтроля усвоения темы

1. При проведении радиационно-гигиенического обследования жилых и общественных зданий необходимо провести:

- а) измерение МЭД на открытой местности на расстоянии 10 м от здания;
- б) измерение МЭД (режим поиска) по периметру помещения расстоянии 1 м от стен;
- в) измерение МЭД (режим поиска) по оси помещения на высоте 5–10 см над полом;
- г) измерение МЭД только в центре обследуемого помещения;
- д) измерение МЭД на открытой местности на расстоянии от 30 до 100 м от существующих зданий.

2. При радиационно-гигиеническом обследовании жилых и общественных зданий необходимо провести:

- а) измерение МЭД на открытой местности не менее чем в 3 точках;
- б) измерение МЭД на открытой местности не менее чем в 5 точках не ближе 20 м друг от друга;
- в) измерение МЭД на открытой местности не менее чем в 5 точках на расстоянии от 50 до 100 м от существующих зданий;
- г) измерение МЭД на открытой местности вдоль стен по периметру здания;
- д) измерение МЭД на открытой местности на расстоянии 1 см от стен здания.

3. При проведении радиационно-гигиенического обследования жилых и общественных зданий число обследуемых помещений выбирается в зависимости от:

- а) этажности здания;
- б) количества населения, проживающего в здании;
- в) максимального значения МЭД в обследуемом здании;
- г) значения МЭД на открытой местности вдоль стен по периметру здания;
- д) благоустройства территории вокруг здания.

4. При проведении радиационно-гигиенического обследования жилых и общественных зданий точки измерений МЭД на открытой местности следует выбирать на участках местности:

- а) с естественным грунтом;
- б) с локальными техногенными изменениями;
- в) покрытых асфальтом;
- г) покрытых тротуарной плиткой;
- д) непосредственно прилегающим к стене здания.

5. Значение МЭД гамма-излучения в проектируемых новых зданиях жилищного и общественного назначения не должно превышать среднее значение мощности дозы на открытой местности (в районе расположения здания) более чем:

- а) на 0,2 мЗв/ч;
- б) на 0,2 мкЗв/ч;
- в) на 0,25 мкЗв/ч;
- г) на 0,5 мкЗв/ч;
- д) на 0,5 мЗв/ч.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Ильин, Л. А. Радиационная гигиена : учеб. / Л. А. Ильин, В. Ф. Кириллов, И. П. Коренков. Москва : ГЕОТАР-Медиа, 2010. С. 175–178.
2. Радиационная и экологическая медицина. Лабораторный практикум / под ред. А. Н. Стожарова. Минск : Минфина, 2012. С. 128–131.

Дополнительная

3. Сайт кафедры radbez.bsmu.by.

Нормативные документы:

4. «Проведение радиационно-гигиенического обследования жилых и общественных зданий». МУК Республики Беларусь № 11-8-6-2002.

Глава 5

РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ В СИТУАЦИИ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ОБЛУЧЕНИЯ. ОЦЕНКА РАДОНОВОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ

Цель изучения: оценить радоновую опасность различных территорий Республики Беларусь по косвенным показателям радона.

Радон — это бесцветный, не имеющий запаха инертный газ, тяжелее воздуха; образуется в процессе радиоактивного распада радионуклидов ура-

новых и ториевого рядов. Существует три естественных (природных) изотопа радона (рис. 2):

- радон-222 ($T_{1/2}$ — 3,8 дня; ряд распада U-238);
- радон-220 или торон ($T_{1/2}$ — 55 с; ряд распада Th-232);
- радон-219 или актинон ($T_{1/2}$ — 4 с; ряд распада U-235).

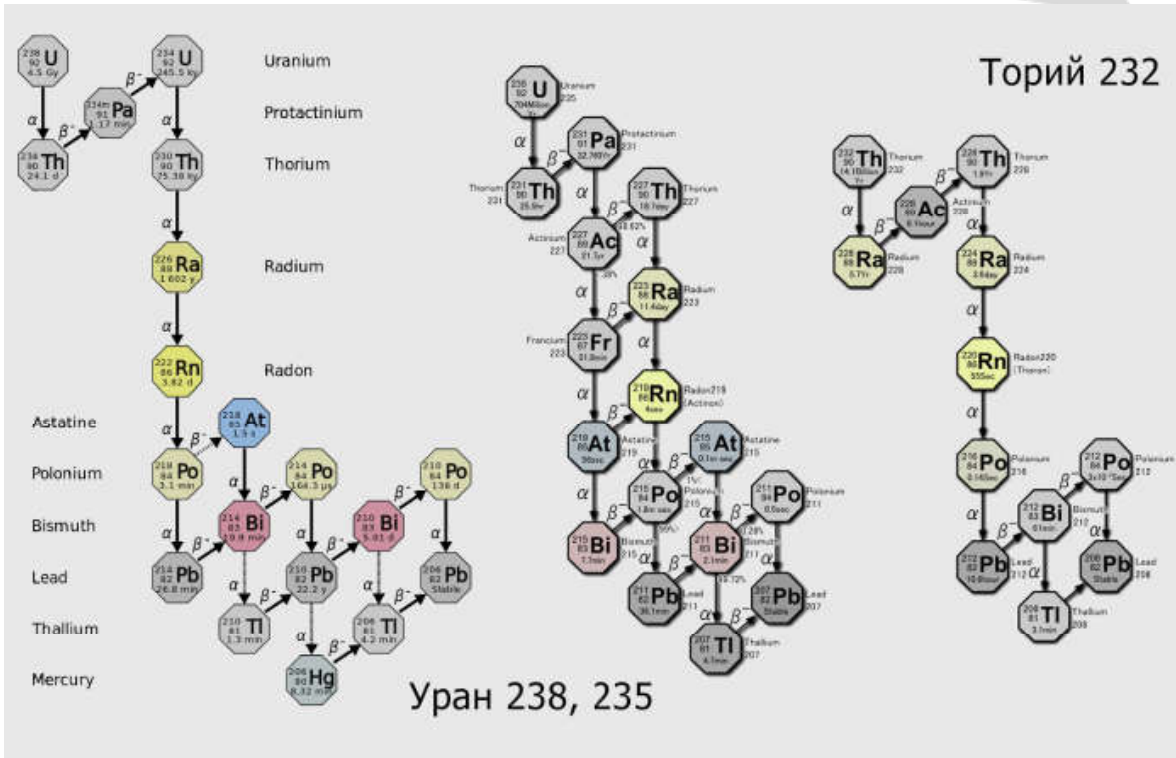


Рис. 2. Радиоактивные ряды U-235, U-238, Th-232

Все изотопы радона являются альфа-излучателями; дальнейший распад их дочерних продуктов сопровождается испусканием α - и β -частиц.

Согласно оценке НКДАР ООН, радон и его дочерние продукты распада определяют примерно $2/3$ годовой индивидуальной дозы облучения, получаемой населением от земных источников радиации и половину от всех источников радиации. Также радон является второй после курения причиной развития рака легких. Увеличение среднего значения долгосрочной объемной активности радона на каждые 100 Бк/м^3 повышает риск рака легких на 16 %.

В большинстве случаев воздействию радона люди подвергаются в жилых помещениях. Поэтому облучение радоном в жилищах занимает особое место среди проблем радиационной безопасности. Главными источниками поступления радона в воздух жилых помещений являются грунт и строительные материалы. Обычно перед проведением работ по строительству

зданий определяют радоноопасность территории застройки, используя для этого измерение плотности потока радона на земной поверхности, т. к. этот радиоактивный газ поступает с помощью активной и пассивной диффузии из грунта через фундамент и поверхности подвальных помещений зданий. В Санитарных нормах и правилах «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии и источников ионизирующего излучения» сказано, что при отводе для строительства здания участка с плотностью потока радона более $80 \text{ мБк}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ в проекте здания должна быть предусмотрена защита (монолитная бетонная подушка, улучшенная изоляция перекрытия подвального помещения и др.). Радон выделяется из водопроводной воды и природного газа, используемых в помещениях. Эксгаляция радона и продуктов его распада из стройматериалов зависит от их происхождения. Некоторые материалы будут выделять больше радона, например, фосфогипс, газобетон с квасцовым глинистым сланцем и отвалы урановых рудников. Изменение строительных технологий также влияет на процессы поступления радона во внутреннюю среду помещений. Например, использование решений, повышающих энергоэффективность здания, приводит к созданию условий для накопления радона в воздухе жилищ за счет снижения кратности воздухообмена.

Государственный санитарный надзор за выполнением требований по обеспечению радиационной безопасности в жилых домах и зданиях социально-бытового назначения при их строительстве, реконструкции, сдаче в эксплуатацию и при эксплуатации осуществляют территориальные органы Госсаннадзора.

Снизить концентрацию радона в уже существующих зданиях позволяет принятие следующих мер:

- 1) более интенсивная вентиляция подпольного пространства;
- 2) обустройство системы отвода радона в основании здания или под монолитным полом на грунтовом основании;
- 3) предотвращение поступления радона из подвального пространства в жилые помещения;
- 4) заделка трещин и щелей в полах и стенах;
- 5) улучшение вентилирования помещений.

Доказано, что пассивные системы защиты от радона позволяют снизить концентрацию этого газа внутри помещений более чем на 50 %. Добавление принудительной вентиляции обеспечит еще большую защиту от радона.

Лабораторная работа
ОЦЕНКА РАДОНОВОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ
ПО КОСВЕННЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ РАДОНА

В ходе выполнения лабораторной работы необходимо **освоить**: методику расчета эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона в жилых зданиях. **Выполнить**:

- расчет комплексного радонового показателя (КРП).;
- расчет ЭРОА радона в жилых зданиях;
- расчет 99%-го квантиля распределения значений объемной активности (ОА) радона в населенных пунктах для определения критических зон радоноопасности.

1. Определение относительного значения концентрации урана в почве:

$$U_{\text{отн.}} = U_{\text{к}} / U_{\text{макс}},$$

где $U_{\text{отн.}}$ — относительное содержание урана в почве (относительных единиц);
 $U_{\text{к}}$ — значение концентрации урана в почве, определяемое по картосхеме ($n \cdot 10^{-4} \%$) согласно географическим координатам, в которых производится расчет КРП;

$U_{\text{макс}}$ — максимальное значение урана в почве ($2,5 \cdot 10^{-4} \%$).

2. Расчет относительной мощности экспозиционной дозы (МЭД) в населенных пунктах до аварии на ЧАЭС:

$$M_{\text{отн.}} = M_{\text{к}} / M_{\text{макс}},$$

где $M_{\text{отн.}}$ — относительная МЭД в населенных пунктах до аварии на ЧАЭС (относительных единиц);

$M_{\text{к}}$ — значение МЭД в населенных пунктах до аварии на ЧАЭС, определяемое по картосхеме (мкР/ч) согласно географическим координатам, в которых производится расчет КРП;

$M_{\text{макс}}$ — максимальное значение фона в населенных пунктах до аварии на ЧАЭС (12 мкР/ч).

3. Расчет относительного коэффициента фильтрации почв:

$$F_{\text{отн.}} = F_{\text{к}} / F_{\text{макс}},$$

где $F_{\text{отн.}}$ — относительный коэффициента фильтрации почв (относительных единиц);

$F_{\text{к}}$ — значение коэффициента фильтрации почв, определяемое по картосхеме (м/сут) согласно географическим координатам, в которых производится расчет КРП;

$F_{\text{макс}}$ — максимальное значение коэффициента фильтрации почв (30 м/сут).

4. Определение относительной глубины залегания водоносного горизонта:

$$W_{\text{отн.}} = W_{\text{к}} / W_{\text{макс}},$$

где $W_{\text{отн.}}$ — относительная глубина залегания водоносного горизонта (относительных единиц);

$W_{\text{к}}$ — значение глубины залегания водоносного горизонта, определяемое по картосхеме (м) согласно географическим координатам, в которых производится расчет КРП;

$W_{\text{макс}}$ — максимальное значение глубины залегания водоносного горизонта (10 м).

5. Расчет комплексного радонового показателя:

$$\text{КРП} = U_{\text{отн.}} \cdot M_{\text{отн.}} \cdot F_{\text{отн.}} \cdot W_{\text{отн.}}$$

Результаты расчетов по формулам в пп. 1–5 округляются до трех значащих цифр после запятой.

6. Расчет среднегодовой ОА радона в жилых зданиях по КРП.

Данное уравнение линейной регрессии составлено на основе многолетних измерений среднегодовых значений ОА радона в жилых зданиях населенных пунктов Республики Беларусь за период 2004–2015 гг.

$$\text{ОА}_{\text{изм.}} = 6200 \cdot \text{КРП} + 40,$$

где $\text{ОА}_{\text{изм.}}$ — измеренное среднегодовое значение ОА радона в жилых зданиях, Бк/м³.

7. Расчет эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона в жилых зданиях.

Зная ОА радона, можно рассчитать ЭРОА радона в жилых зданиях:

$$\text{ЭРОА} = \text{ОА} \cdot F,$$

где F — величина коэффициента равновесия (согласно Публикации МКРЗ № 65 для стран с умеренным климатом он равен 0,5).

В соответствии с пунктами 107 и 108 Санитарных норм и правил «Требования к радиационной безопасности», среднегодовое значение ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений проектируемых и сдаваемых в эксплуатацию зданий жилищного и общественного назначения не должно превышать 100 Бк/м³, в эксплуатируемых зданиях — 200 Бк/м³.

Расчет 99%-ного квантиля распределения значений ОА радона в населенных пунктах для определения критических зон радоноопасности.

Согласно Публикации МКРЗ № 65: «радоноопасная зона может быть определена как зона, в которой около 1 % жилищ имеют концентрацию радона в 10 раз превышающую среднее национальное значение».

Рассчитываются параметры эталонного распределения ОА с учетом:

- количества измерений в населенных пунктах (более 20 измерений);
- охвата территории (все области в Республике Беларусь);
- значений КРП (низкие, средние, высокие);
- специфики жилищного фонда (этажность зданий, из каких строительных материалов построены здания и т. д.).

Основные параметры эталонного распределения

Среднее арифметическое значение, Бк/м ³	Среднее геометрическое значение, Бк/м ³	Медиана, Бк/м ³	Значение 99%-ного квантиля распределения ОА радона, Бк/м ³
70	55	60	210

Согласно эталонному распределению значение 99%-ного квантиля ОА радона в 3 раза выше среднего арифметического значения ОА радона. Измерив ОА радона и, рассчитав его среднее значение, или, восстановив его по КРП (п. 6), можно определить значение 99%-ного квантиля распределения ОА радона в любом населенном пункте по формуле:

$$P_{99} = OA_{\text{средн.}} \cdot 3,$$

где P_{99} — значение 99%-ного квантиля распределения ОА радона, Бк/м³;

$OA_{\text{средн.}}$ — среднее значение ОА радона по населенному пункту, Бк/м³.

Рассчитав значение 99%-ного квантиля распределения ОА радона в населенном пункте и сравниваем его с десятикратным среднереспубликанским значением ОА радона. Если оно его превышает ($P_{99} > OA_{\text{ср.РБ}} \cdot 10$), населенный пункт относится к критической зоне радоноопасности и требует проведения противорадионных защитных мероприятий. Из данных многолетних измерений среднегодовых значений ОА радона в жилых зданиях Республики Беларусь в 2004–2015 гг. среднегодовое значение составило **40 Бк/м³**.

Задания для самостоятельной работы. По данным таблиц абсолютных величин косвенных показателей радона для населенного пункта (табл. 3) (рассчитанных в зависимости от значений МЭД на территории Республики Беларусь в период до аварии на ЧАЭС (за 1969–1985 гг.), расположения почв с различным содержанием в них урана, данных по коэффициенту фильтрации почв (виды почв), глубины залегания водоносного горизонта) **выполнить**:

- 1) расчет комплексного радонового показателя в этих населенных пунктах;

- 2) расчет среднегодовой ОА радона в жилых зданиях по КРП;
- 3) расчет ЭРОА радона в жилых зданиях;
- 4) сравнить рассчитанные значения ОА с измеренными практически значениями ОА радона в жилых зданиях населенных пунктов (табл. 4);
- 5) расчет значения 99%-ного квантиля распределения ОА радона в населенном пункте и сравнить его с десятикратным среднереспубликанским значением ОА радона.

Таблица 3

Абсолютные величины косвенных показателей радона для населенных пунктов

Наименование населенного пункта	Ук, n10 ⁻⁴ % (отн. ед.)	Фк, м/сут (отн. ед.)	Wк, м (отн. ед.)	Мк, мкР/ч (отн. ед.)
<i>Лиозненский район Витебской области</i>				
Высочаны	0,75	0,8	5	7,5
Горелики	1,75	0,8	2,5	7,5
Добромысли	1,75	0,8	5	7,5
Крынки	1,75	0,8	5	7,5
Новое село	2,5	0,8	7,5	7,5
Перемонт	1,75	0,8	2,5	7,5
<i>Сенненский район Витебской области</i>				
Богданово	1,75	1,2	5	7,5
Ульяновичи	2,5	1,2	7,5	7,5
Большой озерек	1,75	1,2	5	7,5
Поженьки	2,5	1,2	7,5	7,5
Ходцы	2,5	1,2	7,5	7,5
Новоселки	1,75	0,8	5	7,5
Белая Липа	1,75	0,8	2,5	7,5
Липно	1,75	0,8	5	7,5
Мошканы	1,75	0,8	5	7,5
Константиново	0,75	0,12	5	7,5
Кругляны	0,75	0,12	5	7,5
Новая Оболь	1,75	0,8	5	7,5
<i>Шкловский район Могилевской области</i>				
Шклов	1,75	0,8	10	10,5
Забродье	1,75	1,2	10	7,5
Староселье	1,75	1,2	10	7,5
Говяды	1,75	1,2	10	7,5
Толкачи	1,75	0,8	10	7,5
Заречье	1,75	0,8	10	7,5

Наименование населенного пункта	Uк, n10 ⁻⁴ % (отн. ед.)	Fк, м/сут (отн. ед.)	Wк, м (отн. ед.)	Mк, мкР/ч (отн. ед.)
<i>Житковичский район Гомельской области</i>				
Житковичи	1,25	1,2	1,5	1,5
Туров	1,25	0,8	1,5	1,5
Люденевичи	0,75	0,8	1,5	1,5
Рудня	0,75	0,8	1,5	1,5
Гребень	0,75	0,8	1,5	1,5
Кольно	0,75	0,8	1,5	1,5

Таблица 4

Данные по практическому измерению ОА радона в жилых зданиях населенных пунктов и результаты моделирования

Наименование населенного пункта	Модель, Бк/м ³	Практическое измерение ОА радона, Бк/м ³
<i>Лиозненский район Витебской области</i>		
Высочаны		45
Горелики		64
Добромысли		75
Крынки		83
Новое село		121
Перемонт		63
<i>Сенненский район Витебской области</i>		
Богданово		86
Ульяновичи		160
Большой озерек		120
Поженьки		197
Ходцы		210
Новоселки		89
Белая Липа		48
Липно		63
Мошканы		94
Константиново		61
Кругляны		46
Новая Оболь		74
<i>Шкловский район Могилевской области</i>		
Шклов		142
Забродье		225
Староселье		200

Наименование населенного пункта	Модель, Бк/м ³	Практическое измерение ОА радона, Бк/м ³
Говяды		205
Толкачи		105
Заречье		150
<i>Житковичский район Гомельской области</i>		
Житковичи		34
Туров		39
Люденевичи		47
Рудня		34
Гребень		37
Кольно		45

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ

1. Самый долгоживущий изотоп радона — это:

- а) радон-222;
- б) радон-220;
- в) торон;
- г) радон-219;
- д) актинон.

2. Все изотопы радона являются:

- а) излучателями нейтронов;
- б) гамма-излучателями;
- в) альфа-излучателями;
- г) излучателями фотонов;
- д) бета- и гамма-излучателями.

3. Согласно закону Республики Беларусь «О радиационной безопасности», облучение населения и работников (персонала), обусловленное содержанием радона и природных гамма-излучающих радионуклидов, в жилых и производственных помещениях:

- а) не регламентируется;
- б) не должно превышать установленные нормативы;
- в) не учитывается при оценке дозовых нагрузок за счет радиационного фона;
- г) суммируется с дозами в ситуации аварийного облучения;
- д) не оценивается.

4. В воздухе эксплуатируемых жилых помещений среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность дочерних продуктов изотопов радона (Rn-222 и Rn-220):

- а) не должна превышать 400 Бк/м³;
- б) не должна превышать 100 Бк/м³;
- в) не должна превышать 200 Бк/м³;
- г) не нормируется;

д) суммируется с эффективной удельной активностью природных радионуклидов в строительных материалах.

5. В воздухе проектируемых новых жилых помещений среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность дочерних продуктов изотопов радона (Rn-222 и Rn-220):

- а) не должна превышать 400 Бк/м³;
- б) не должна превышать 100 Бк/м³;
- в) не должна превышать 200 Бк/м³;
- г) не нормируется;

д) суммируется с эффективной удельной активностью природных радионуклидов в строительных материалах.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Ильин, Л. А. Радиационная гигиена : учеб. / Л. А. Ильин, В. Ф. Кириллов, И. П. Коренков. Москва : ГЕОТАР-Медиа, 2010. С. 200–227.
2. Радиационная медицина : учеб. / под ред. А. Н. Стожарова. Минск : Минфина, 2010. С. 56–69.

Дополнительная

3. Сайт кафедры gadbez.bsmu.by.

Нормативные документы

4. Санитарные нормы и правила «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии и источников ионизирующего излучения», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 31.12.2013 № 137. Гл. 23.

5. Санитарные нормы и правила «Требования к радиационной безопасности», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 № 213. Гл. 4.

6. Гигиенический норматив «Критерии оценки радиационного воздействия», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 № 213. Прил. 9.

7. Санитарные нормы и правила 2.6.2.11-4-2005 «Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения», утв. постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 1 апреля 2005 г. № 36.

Глава 6

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Цель занятия: изучить и усвоить основные принципы лабораторного контроля факторов среды обитания человека по радиологическим показателям и методические подходы анализа радиоактивного загрязнения.

Радиационный контроль как комплекс мер, направленных на сбор и анализ информации о радиационной обстановке в производственных условиях, в окружающей среде и об уровнях облучения людей, включает в себя дозиметрический и радиометрический контроль.

Дозиметрический контроль — измерение мощности дозы излучений в местах производственной деятельности человека, определение эффективных или эквивалентных индивидуальных и коллективных доз от различных источников ионизирующего излучения (далее — ИИИ).

Радиометрический контроль — прямое или расчетное определение содержания радионуклидов в воздухе, в воде, в пищевых продуктах, в теле, отдельных тканях человека, на поверхности кожи, одежды, на других поверхностях и в средах, измерение флюенса ионизирующего излучения.

Выделяют три основных вида дозиметрического контроля:

1) текущий контроль, который заключается в определении индивидуальной дозы работника в нормальных условиях эксплуатации источника ИИ;

2) оперативный контроль — определение индивидуальной дозы при выполнении запланированных работ по дозиметрическим нарядам; оперативный контроль проводится в ситуациях возможного повышенного облучения, включая работы по ликвидации последствий радиационных аварий;

3) аварийный контроль — определение доз облучения работника в случае радиационной аварии, (т. е. в условиях потери контроля над работой радионуклидного источника).

Все виды радиационного контроля обеспечиваются адекватным аппаратным и методическим обеспечением. Под приборами радиационного контроля следует понимать технические средства для измерения и регистрации количественных значений физических величин, характеризующих ионизирующее излучение. Для обеспечения точности измерений приборы радиационного контроля должны быть зарегистрированы в государственном реестре Республики Беларусь как средства измерения и подлежат периодической поверке и калибровке. Методики выполнения измерений (МВИ) проходят метрологическое подтверждение в Белорусском государственном институте метрологии (БелГИМ) и утверждаются руководителем организации, в которой

была разработана методика. В случае, когда организация (ЦГЭ) использует МВИ, полученную из других источников, должна быть проведена ее валидация, а, в некоторых случаях, право использования МВИ может быть передано путем заключения договора о праве использования МВИ или лицензионного соглашения.

Классификация приборов радиационного контроля зависит от многих признаков, основными из которых являются:

- вид радиационного контроля;
- функциональное назначение прибора;
- тип измеряемой физической величины;
- вид ионизирующего излучения;
- тип конструктивного исполнения.

Приборы радиационного контроля можно разделить на четыре основные группы в зависимости от измеряемых величин:

1) дозиметрические приборы (дозиметры) — приборы, предназначенные для измерения дозы (мощности дозы) или энергии, переносимой или переданной ИИИ объекту, находящемуся в поле его действия;

2) радиометрические приборы (радиометры) — приборы для измерения содержания радионуклидов в теле, в отдельных тканях и на поверхности кожных покровов человека, на единицу объема, веса или поверхности различных сред (воздуха, воды, пищевых продуктов и т.д.); для измерения флюенса или мощности флюенса ионизирующего излучения;

3) спектрометрические приборы (спектрометры), измеряющие распределения частиц по различным параметрам (энергии, виду излучения, зарядам, массам и др.);

4) универсальные приборы, которые предназначены для измерения нескольких величин, например, дозиметры-радиометры.

В зависимости от типа конструктивного исполнения приборы радиационного контроля разделяются на следующие группы:

- стационарные системы (комплексы) радиационного контроля;
- стационарные приборы (установки) радиационного контроля;
- переносные приборы радиационного контроля;
- приборы индивидуального дозиметрического контроля.

Лабораторная работа

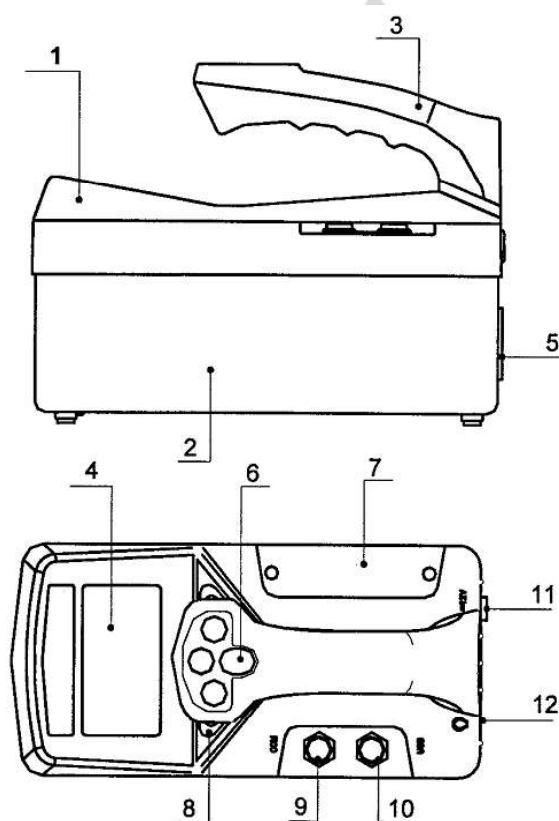
Идентификация гамма-излучающих радионуклидов

В процессе выполнения работы освоить методику идентификации гамма-излучающих радионуклидов спектрометром МКС-АТ6102А. Спектрометр МКС-АТ6102А, выпускаемый научно-производственным унитарным пред-

приятием «Атомтех» (Республика Беларусь), представляет собой многофункциональный носимый прибор, предназначенный для:

- поиска (обнаружения и локализации) источников гамма-излучения и участков, загрязненных радиоактивными веществами;
- измерения энергетического распределения гамма-излучения и автоматической идентификации γ -излучающих радионуклидов;
- оперативного контроля радиационной обстановки в зоне поиска путем измерения и отображения на экране спектрометра значения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения;
- сигнализации (звуковой, световой, вибрационной) о превышении заданных пользователем пороговых уровней для измеряемых величин.

Спектрометр измеряет мощность дозы гамма-излучения в диапазоне 0,01 мкЗв/ч до 100 мЗв/ч с погрешностью $\pm 20\%$. Диапазон энергий регистрируемого гамма-излучения лежит в диапазоне 50–3000 кэВ.



Конструкция спектрометра выполнена в виде моноблока, корпус которого состоит из пластиковой панели (1) и алюминиевого кожуха (2) с полимерным покрытием. На панели расположена ручка (3) для переноски спектрометра, разъемы (9, 10, 11, 12) для внешних подключений, крышка отсека для аккумулятора (7), жидкокристаллический экран (4) и световой индикатор (8). Органы управления спектрометра в виде мембранной панели (6) распо-

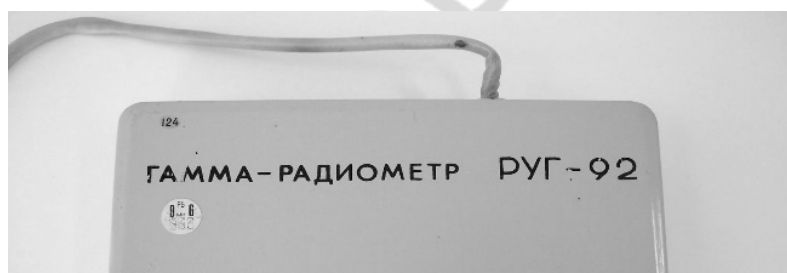
ложены на ручке (3), что позволяет пользоваться спектрометром одной рукой. На передней поверхности корпуса спектрометра расположены две точки разного цвета, обозначающие проекции центров детекторов, расположенных внутри корпуса спектрометра (красная точка для детектора NaI(Tl), черная точка для счетчика Гейгера-Мюллера). На задней поверхности кожуха расположен звуковой сигнализатор (5). В ручке (3) смонтирован вибрационный сигнализатор.

Ход работы. Подготовка прибора к работе.

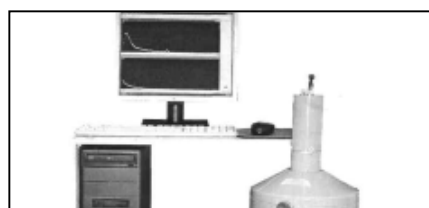
1. Включить спектрометр нажатием и удержанием кнопки в течение 1–1,5 с. После успешного прохождения самоконтроля на экране спектрометра появится следующее изображение:



2. Выполнить стабилизацию спектрометрического тракта, которая необходима для настройки энергетической шкалы по радионуклиду К-40, энергия гамма-квантов которого составляет 1461 кэВ.



Для стабилизации необходимо использовать контрольную пробу удобрений калия хлористого, которая прилагается к прибору. Для стабилизации спектрометр необходимо поставить вертикально и на его верхнюю поверхность поместить кювету с контрольной пробой, после чего нажать кнопку . Продолжительность процесса стабилизации от контрольной пробы составляет от 2 до 15 минут. По окончании стабилизации на экране спектрометра появится следующая информация:



Проведение измерений:

1. Поместить подготовленную кювету с исследуемой пробой на верхнюю поверхность стоящего вертикально спектрометра.

2. Перейти в режим идентификации радионуклидов путем длительного нажатия кнопки

3. На экране появится следующее изображение:



4. При обнаружении в пробе радионуклида, спектрометр издает двукратный звуковой сигнал, идентифицирует его, выводит на экран обнаруженный радионуклид и относит его к определенной категории (промышленный, естественный, медицинский). Если после окончания процесса идентификации радионуклиды не обнаруживаются, необходимо в 2–3 раза продлить время обнаружения (200–500 с), для чего каждый раз следует кратковременно нажимать кнопку

5. В спектрометре существует возможность сохранения спектра, измененного во время идентификации. Для этого после окончания процесса идентификации кратковременно нажмите кнопку . Прибор предложит сох-

ранить записанный спектр. Для его сохранения следует нажать кнопку , после чего на экране появится номер, под которым был сохранен спектр, который следует записать.

6. Выход из режима идентификации осуществляется кратковременным нажатием кнопки

7. Задание для самостоятельной работы.

По результатам проведения измерений спектрометром МКС-АТ6102А идентифицировать в исследуемой пробе радионуклиды и дать заключение о радионуклидном составе пробы. Оформить результаты исследования в виде протокола лабораторных исследований (испытаний) (приложение ...).

Вопросы для САМОКОНТРОЛЯ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ

1. Порядок отбора образцов (проб) для проведения исследований по радиологическим показателям не предусматривает этап:

- а) определение однородности партии;
- б) отбор точечных проб;
- в) составление объединенной пробы;
- г) выделение средней пробы для анализа;
- д) определение нижней границы измерения;

2. Сцинтиляционный детектор:

- а) преобразует излучение во вспышку света, а затем в электрические импульсы;
- б) преобразует излучение в электрические импульсы, а затем во вспышки света;
- в) преобразует излучение в лавину электронов;
- г) преобразует излучение в газовый выброс;
- д) преобразует излучение в газовый выброс, а затем в лавину электронов.

3. Эффективность регистрации — это:

- а) доля частиц, попавших в детектор из всех, находящихся в среде;
- б) доля зарегистрированных частиц по отношению к максимальной возможной регистрации на данном приборе;
- в) доля зарегистрированных частиц из всех, попавших в детектор регистрации на данном приборе;
- г) содержание заряженных частиц к единице объема;
- д) доля зарегистрированных частиц по отношению к минимально возможной регистрации на данном приборе.

4. Основные процессы, происходящие с α -излучением в веществе:

- а) рассеяние, тормозное излучение;
- б) рассеяние, ионизация и возбуждение атомов;
- в) ионизация и возбуждение атомов;
- г) переход в другие формы излучения;
- д) рассеяние, ионизация и возбуждение атомов, а также тормозное излучение.

5. Дозиметры — это приборы:

- а) предназначенные для измерения гамма-излучающих радионуклидов
- б) предназначенные для измерения содержания радионуклидов в теле,
- в) предназначенные для измерения содержания радионуклидов в отдельных тканях и на поверхности кожных покровов человека,
- г) предназначенные для измерения содержания радионуклидов на единицу объема, веса или поверхности различных сред;
- д) предназначенные для измерения дозы (мощности дозы) или энергии, переносимой или переданной ИИИ объекту, находящемуся в поле его действия.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Ильин, Л. А.* Радиационная гигиена : учеб. / Л. А. Ильин, В. Ф. Кириллов, И. П. Коренков. Москва : ГЕОТАР-Медиа, 2010. 230–240, 255–264.

Дополнительная

2. *Радиационная и экологическая медицина. Лабораторный практикум* / под ред. А. Н. Стожарова. Минск : Минфина, 2012. С. 149–174.

3. Сайт кафедры radbez.bsmu.by.

Нормативные документы

4. *Закон* Республики Беларусь от 18.06.2019 № 198-З «О радиационной безопасности».

5. *Нормы и правила по обеспечению ядерной и радиационной безопасности «Безопасность при обращении с источниками ионизирующего излучения».* Постановление МЧС РБ № 22 от 31.05.2010 (в редакции постановления МЧС от 21.08.2013 № 37), гл. 4 Классификация источников ионизирующего излучения.

6. *Санитарные нормы и правила «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии и источников ионизирующего излучения»*, утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 31.12.2013 № 137. Гл. 9–12, 15–22, прил. 1–10.

7. *Санитарные нормы и правила «Требования к радиационной безопасности»*, утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 № 213.

8. *Гигиенический норматив «Критерии оценки радиационного воздействия»*, утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 № 213. Прил. 1, 5, 8, 12, 16, 19–21.

9. *Санитарные нормы и правила 2.6.1.13-55-2005 «Гигиенические требования к обеспечению радиационной безопасности при проведении радионуклидной диагностики»*, утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 28.12.2005 г. № 273 с изменениями и дополнениями, утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 18 июня 2007 г. № 56.

10. *Санитарные нормы и правила «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при обращении с радиоактивными отходами»*, утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 31 декабря 2015 г. № 142.

Глава 7

ИССЛЕДОВАНИЕ СЫПУЧИХ ПРОБ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО СЫРЬЯ И ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Цель изучения: усвоить основные этапы исследования проб сыпучих продуктов питания и технологического сырья по радиологическим показателям.

В процессе изучения и применения навыков по лабораторному исследованию проб продовольственного сырья и пищевых продуктов используются следующие термины и их определения.

Выборка — совокупность единиц однородной пищевой продукции, отобранной из партии;

Документы системы менеджмента — документы аккредитованной испытательной лаборатории (центра), подтверждающие соответствие межгосударственному или национальному стандарту, эквивалентному международному стандарту ISO/IEC 17025, содержащие информацию о последовательности действий или процедур, выполняемых в отношении пищевой продукции, а также объективные свидетельства (записи) о таких действиях (процедурах) и достигнутых результатах;

Лабораторный образец (проба) — образец (проба), отобранный для доставки в аккредитованную испытательную лабораторию (центр) или иную испытательную лабораторию в целях проведения исследований (испытаний) и измерений пищевой продукции;

Образец (проба) — единица пищевой продукции или ее часть, отобранная из исследуемой совокупности пищевой продукции для проведения исследований (испытаний) и измерений этой продукции. При этом понятие «проба» применяется для обозначения части пищевой продукции, понятие «образец» — для обозначения штучной (упакованной) пищевой продукции;

Отбор образцов (проб) — процедура извлечения образцов (проб) из пищевой продукции;

Партия — определенное количество однородной пищевой продукции;

Программа исследований (испытаний) и измерений — документ, содержащий наименование объекта исследований (испытаний) и измерений, наименования назначенных к определению показателей пищевой продукции, сведения о количестве отбираемых образцов (проб), а также наименования и (или) обозначения технических регламентов (с указанием пунктов, устанавливающих нормированные значения назначенных для определения показателей пищевой продукции);

Специальный инвентарь — предметы технического назначения, которые могут не относиться к оборудованию, но используются при отборе образцов (проб) пищевой продукции различных видов;

Средняя проба — представительная часть объединенной пробы, предназначенная для проведения исследований (испытаний) и измерений;

Точечная проба — минимальное количество пищевой продукции, отобранной за один прием из пищевой продукции определенной партии для составления пробы.

Порядок отбора образцов (проб). Перед отбором образцов (проб) из партии следует выполнить все приемы и требования соответствующих тех-

нических нормативных правовых актов (далее — ТНПА) с учетом объема последующих исследований.

Ответственный за отбор образцов (проб) изучает и анализирует все документы, сопровождающие партию продукции, — транспортные накладные, удостоверение о качестве, сертификат соответствия, таможенные декларации и другую документацию, характеризующую продукцию.

Отбор образцов (проб) осуществляется на месте хранения заявленной продукции в присутствии заявителя с оформлением акта отбора образцов (далее — акт отбора).

Акт отбора оформляет и подписывает сотрудник, отобравший образцы (пробы), и представитель Заявителя. Отбор образцов (проб) проводится в соответствии с ТНПА, включенными в область аккредитации лаборатории. Количество отбираемой продукции устанавливается в соответствии с ТНПА на конкретный вид продукции и должно быть достаточным для проведения исследований. Отбор образцов (проб) осуществляется с соблюдением правил техники безопасности на всех его этапах. В случае необходимости, сотрудники обеспечиваются спецодеждой, средствами измерений и специальным инвентарем.

При отборе образцов (проб) осуществляются внешний осмотр, идентификация продукции, оценка условий ее хранения.

При внешнем осмотре оценивается внешний вид упаковки (тары) не должно быть обнаружено отклонений, вызванных физическими, химическими факторами. На основании внешнего осмотра образцов (проб), информации, указанной в товаросопроводительных документах, делается вывод об идентичности (не идентичности) продукции, который приводится в акте отбора.

Идентификационные сведения отбираемой продукции указываются в соответствующем разделе акта отбора и в протоколе исследований (испытаний). При идентификации продукции также проводится проверка соответствия маркировки (вид упаковки, наличие штрихового кода, наименование изготовителя, дата изготовления, срок годности или конечный срок реализации, состав ингредиентный, объем либо масса) информации, указанной в товаросопроводительных или товаротранспортных документах. Результаты идентификации продукции отражаются в акте отбора. Если отбор образцов (проб) проводится при отсутствии маркировки на русском (белорусском) языке, то в акте отбора делается запись о необходимости сделать аутентичный перевод и предоставить перевод в испытательную лабораторию. Обращается внимание на порядок и условия хранения на складе, визуальный осмотр состояния тары — наличие повреждений, деформаций, загрязнений, следов вскрытия.

Отобранные образцы (пробы) помещаются в коробку, полиэтиленовый пакет или другую упаковку (тару), которые заклеиваются липкой лентой

(скотчем), опечатываются печатью организации (или лаборатории) проводившей отбор проб и идентифицируются.

Если доставка образцов (проб) в испытательную лабораторию осуществляется заявителем, то сотрудник, производивший отбор образцов (проб), дополнительно их пломбирует. В каждой испытательной лаборатории имеется пломбир, который хранится и выдается в установленном порядке. На пломбировке нанесена аббревиатура учреждения и код лаборатории.

В случае доставки образцов сотрудником, производившим отбор, пломбировка образцов не производится. Образцы (пробы), отобранные другими ведомствами, учреждениями, должны быть опломбированы и сопровождаться актом отбора образцов, направлением уполномоченных организаций (учреждения Минздрава, Госстандарта и др.) или письменным обращением заявителя на проведение исследований (испытаний).

В случае выявления несоответствий (отсутствие реквизитов изготовителя, даты изготовления, срока годности или конечного срока реализации и т.п.) отбор проб (образцов) не производится. Образцы, поступающие в лабораторию, отобранные с нарушением правил отбора, указанных в ТНПА, не подлежат испытанию и возвращаются заявителю.

Ответственность за правильность отбора образцов (проб) несут лица, осуществляющие данную процедуру. Образцы (пробы) упаковываются, хранятся и транспортируются без оказания влияния на состояние образца (пробы). Доставка образцов (проб) в лабораторию может осуществляться представителем заявителя, и (или) лицом, уполномоченным на отбор образцов (проб). Транспортировка образцов (проб) осуществляется в условиях, обеспечивающих сохранность состояния, состава и качества образцов (проб), безопасность для окружающей среды.

Образцы (пробы) не принимаются для проведения исследований (испытаний) и измерений в следующих случаях: доставка произведена в сроки, не соответствующие требованиям ТНПА, либо сроки годности образцов (проб) истекли или истекают до начала исследований (испытаний) и измерений; отсутствует акт отбора; доставленные образцы (пробы) не соответствуют сведениям, указанным в акте отбора (например, внешний вид отличается от заявленного); нарушена целостность опечатанной упаковки образцов (проб). При этом в акте отбора указывается информация об отказе в приеме образцов (проб). Непринятые образцы (пробы) с товаросопроводительными документами возвращаются лицу, их доставившему.

Прием образцов для проведения испытаний (исследований) в лаборатории ЦГЭ.

Сотрудник ЦГЭ принимает образцы (пробы) на испытания (исследования) согласно акту отбора образцов, или принимает образцы (пробы), представленные Заявителем без акта отбора в количествах, достаточных для

проведения полного объема исследований. В этом случае оформляется акт приема образцов (проб).

Заявителем могут быть представлены для исследования (испытания) образцы, согласно акту отбора, в следующих случаях:

- для целей государственной регистрации продукции, изготовленной на территории Евразийского экономического союза (далее — ЕАЭС);
- для сертификации продукции;
- для целей производственного контроля и других случаях, в количествах, достаточных для проведения полного объема исследований. Сотрудник ЦГЭ на этапе приемки образцов проверяет:
 - наличие подписей лиц, участвующих в процессе отбора образцов (проб);
 - наличие печати (штампа) организации, отбиравшей образцы (пробы);
 - полное наименование образца (пробы);
 - наличие и идентичность представленных заявителем образцов с информацией, указанной в Акте отбора;
 - наличие информации о производителе (страна — изготовитель, фирма — изготовитель),
 - наличие информации о количестве отобранных образцов (проб), их весе (объеме), дате изготовления, партии, сроке годности;
 - обозначение ТНПА на соответствие которых необходимо провести испытания (исследования), с указанием показателей — в случае если заявитель проводит контроль производства.

Образцы должны доставляться в упаковке, которая сводит к минимуму риск повреждения, ухудшения и загрязнения, с соблюдением рекомендуемых производителем или экспертом по отбору образцов (проб), условий транспортировки. Упаковка должна исключать нерегламентированный доступ лиц к образцу. Образец должен быть упакован, опечатан (опломбирован) печатью (пломбой) эксперта (комиссии) организации, проводящей отбор проб.

В случае нарушения целостности упаковки, отсутствия (нарушения) пломбы (печати), отсутствия или несоответствия сопроводительной документации, образцы к дальнейшей работе не допускаются.

Для испытаний не принимаются образцы с истекшим сроком годности (хранения), образцы, бывшие в употреблении.

Заведующий лабораторией (отделом) в соответствии с областью аккредитаций, назначает ответственного за проведение испытаний.

Все заявления на проведения испытаний (исследований), регистрируются в журнале регистрации входящей документации, проставляет входящий номер на заявлении и время регистрации.

Если исследования проводятся для целей санитарно-гигиенической экспертизы, заявление на проведение исследований регистрируется только

при наличии сопроводительных документов (контракт, таможенный инвойс, спецификация или иное, подтверждающее происхождение изделий), и наличия продукции на складе у заявителя (т.е. продукция должна быть ввезена на территорию республики).

Лабораторная работа

ИССЛЕДОВАНИЕ СЫПУЧИХ ПРОБ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО СЫРЬЯ И ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

В процессе выполнения работы необходимо освоить практические навыки измерения активности проб, содержащих гамма-излучающие радионуклиды, радиометром РУБ-01П6 и оценки полученных результатов.

Условие лабораторной работы. Провести лабораторные исследования по радиологическим показателям:

- а) заявителем представлены образцы рапса для проведения исследований;
- б) сотрудник ЦГЭ отбирает образцы пшеницы и направляет на исследование в лабораторию;

Ход работы. Первичная подготовка образцов (проб) к измерениям включает измельчение их с целью усреднения пробы и достижения необходимого объема пробы, соответствующего объему измерительной кюветы.

Твердые продукты, крупяные, бобовые, макаронные, и другие сыпучие продукты с помощью мясорубки, кофемолки, измельчителя.

Приготовление счетного образца для измерения цезия-137 и стронция-90 зависит от используемого метода измерения и чувствительности используемой радиометрической (спектрометрической) установки.

В тех случаях, когда чувствительности установки не хватает для получения достоверного результата в нативных пробах, производят термическое концентрирование (выпаривание, высушивание, обугливание или озоление) проб с последующим измерением полученного концентрата на спектрометрах.

Результаты лабораторных исследований (испытаний) оформляются в виде первичного протокола лабораторных испытаний по форме установленной в учреждении.

Радиометр РУБ-01П6. Радиометр РУБ-01П6 с блоком детектирования БДКГ-03П предназначен для измерения удельной и объемной активности гамма-излучающих радионуклидов в пробах природной среды плотностью от 0,2 до 1,5 г/см³ и может применяться для комплексного санитарно-гигиенического контроля объектов природной среды в промышленных, лабораторных и полевых условиях. Радиометр также может быть использован для экспрессного определения суммарного содержания Cs-137 и Cs-134 в организме человека.

Принцип действия радиометра основан на преобразовании световых вспышек в чувствительном объеме детектора в интенсивность счета импульсов.

Диапазон измерений радиометра: $20 - 2 \cdot 10^5$ Бк/кг, л. Время измерения удельной или объемной активности не более 300 с (без учета времени измерения фонового излучения), т. е. не более 5 минут.

Устройство прибора. Радиометр РУБ-01П6 (рис. 3) состоит из блока детектирования БДКГ-03П, помещенного в свинцовую защиту (1), и измерительного устройства УИ-38П2 (2).

Блок детектирования предназначен для преобразования гамма-квантов в импульсы тока, заряд которых пропорционален энергии гамма-излучения, теряемой в детекторе (кристалл йодида натрия, активированный таллием, размером 63'63 мм), а частота повторения — величине потока гамма-квантов.

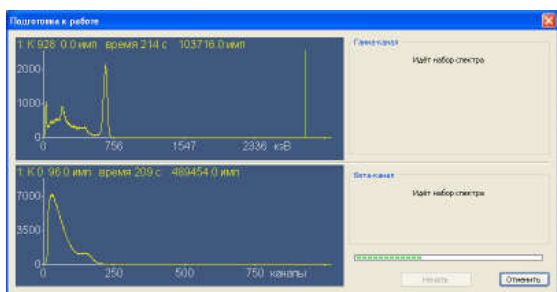


Рис. 3. Радиометр РУБ-01П6

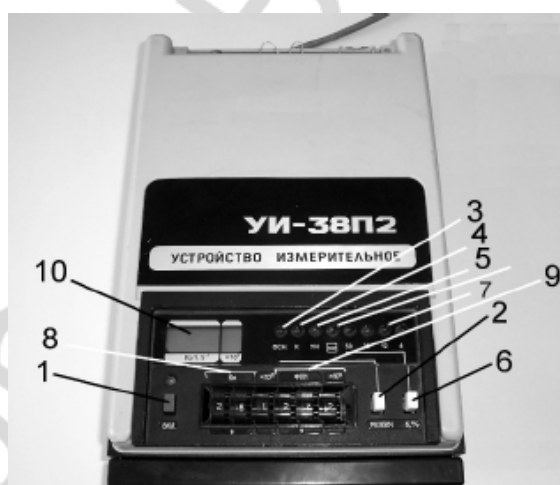


Рис. 4. Верхняя панель измерительного устройства (УИ) прибора РУБ-01П6

Устройство измерительное предназначено для преобразования и измерения сигналов, поступающих с блока детектирования, представления информации об измеряемой величине, а также для вывода информации на внешние устройства (ЭВМ, записывающие и т. д.). На верхней панели измерительного устройства имеются следующие кнопки (рис. 4):

– кнопка «ВКЛ» (1) предназначена для включения измерительного устройства; индикатором включенного состояния служит светодиод зеленого цвета;

– кнопка «РЕЖИМ» (2) служит для включения режимов работы, которые обозначаются горящими светодиодами: «ОСН» — основной измерительный канал для измерения удельной и объемной активности (3); «К» — вспомогательный измерительный канал для измерения вклада калия в активность исследуемой пробы (4); «УИ» — включение встроенного генератора для контроля функционирования измерительного устройства (5);

– кнопка « $\delta, \%$ » (6) служит для выбора оптимальной статистической погрешности результата измерения; в момент включения радиометра включается светодиод «25», определяющий 25% статистической погрешности измерения информации, поступающей с блока детектирования, при этом автоматически включается счетчик емкостью 64 импульса; при нажатии кнопки « $\delta, \%$ » и удержании ее в течение 1 с включается светодиод «12», обозначающий включение счетчика емкостью 256 импульсов, при этом статистическая погрешность измерения составит 12 %; нажимая и удерживая кнопку « $\delta, \%$ » происходит переключение светодиодов «6» и «50» с одновременным включением счетчиков емкостью 1024 и 16 импульсов; режим «50» может быть использован только для определения удельной или объемной активности проб, имеющих очень малую интенсивность импульсов.

Светодиод (7) включается автоматически в момент поступления на входной счетчик первого импульса и выключается в момент заполнения счетчика импульсов. Окончание каждого измерения сопровождается коротким звуковым сигналом.

Шестиразрядный кодовый переключатель, расположенный на верхней панели измерительного устройства, разделен на 2 части. Левые три переключателя (8) предназначены для кодирования коэффициента нормирования (K_n), который необходим для перевода интенсивности счета импульсов в измеряемую физическую величину. Правые три переключателя (9) служат для кодирования величины измеренного или наперед заданного фона (N_ϕ), а также для прямого вычитания поправки на активность калия, содержащегося в контролируемой пробе.

Четырехзначное цифровое табло (10) на верхней панели предназначено для визуального считывания результатов измерения.

Все численные значения на кодовых переключателях K_n и N_ϕ , а также на цифровом табло отображаются в экспоненциальном виде. При этом на кодовых переключателях записывается число с двумя значащими цифрами и порядком, а на цифровом табло — тремя значащими цифрами и порядком. Целая часть чисел ограничена одним знаком старшего разряда запятой справа. Например: число 27 на кодовом переключателе K_n набирается в виде последовательности цифр 2 7 1, что обозначает $2,7 \cdot 10^1$.

При работе измерительного устройства автоматически происходит:

- сброс информации и запуск нового цикла измерения;
- умножение на заданный коэффициент нормирования;
- вычитание (компенсация) измеренного или наперед заданного числа, соответствующего интенсивности фоновых импульсов и (или) числа импульсов, соответствующих естественному содержанию калия-40 в пробе.

Подготовка прибора к работе.

1. Заземлить измерительное устройство, для чего соединить зажим защитного заземления, обозначенного символом, с шиной заземляющего контура.

2. Подсоединить к измерительному устройству блок детектирования, помещенный в свинцовую защиту.

3. Подключить измерительное устройство к сети переменного тока.

4. Нажатием кнопки «ВКЛ» включить питание радиометра, при этом на панели включатся светодиоды «ОСН», «25», зеленый светодиод индикации включения питания и цифры индикатора.

5. Выдержать радиометр во включенном состоянии 15 минут.

6. Установить коэффициент нормирования $K_n = 1,0$, для чего установить на кодовом переключателе комбинацию цифр 1 0 0 0 0 0. При этом радиометр включен в режим измерения счета импульсов (имп/сек).

7. Нажать кнопку «РЕЖИМ». В момент включения светодиода «УИ» отпустить кнопку. При этом с периодичностью 13 секунд будет включаться короткий звуковой сигнал и светодиод (7), на цифровом табло высвечивается число $4,85 \pm 0,05$ имп/сек, что указывает на исправную работу измерительного устройства.

8. Считывание информации с цифрового табло и установку коэффициентов нормирования (K_n) и вычитания фона (K_ϕ) производить в экспоненциальном виде. Например, комбинация цифр на кодовом переключателе 2 8 1 соответствует числу $2,8 \cdot 10^1 = 28$. Комбинация цифр на кодовом переключателе для коэффициента нормирования (K_n) и коэффициента вычитания фона (N_ϕ) 2 8 1 6 5 0 соответствует умножению входной интенсивности счета импульсов на $2,8 \cdot 10^1 = 28$ и вычитанию из каждого результата измерения $6,5 \cdot 10^0 = 6,5$.

Проведение измерений. Измерение объемной и удельной активности проводится после размещения блока детектирования в штатной свинцовой защите.

Перед началом измерений радиометр необходимо подготовить к работе (см. выше) и провести проверку его работы с помощью контрольного источника. Перейти на основной измерительный канал, для чего нажать кнопку «РЕЖИМ» и в момент включения светодиода «ОСН» отпустить.

На кодовом переключателе установить соответствующий коэффициент нормирования, при этом радиометр переключится в режим прямого измерения объемной активности исследуемой пробы в Бк/л. Коэффициент нормирования зависит от соотношения активностей радионуклидов Cs-137 и Cs-134 в пробах. Начиная с 1997 г. K_n имеет следующие значения в зависимости от объема заполнения кюветы (табл. 5).

Таблица 5

Тип кюветы	Объем заполнения, л	Коэффициент нормирования
Сосуд	0,5	23
Маринелли	1,0	28

До начала измерений на измерительном устройстве следует установить режим измерений, обеспечивающий минимальную статистическую погрешность измерения (6 %): нажать кнопку «δ,%» и в момент включения светодиода «б» отпустить.

Определение «фона установки». Перед измерением активности пробы сначала следует провести определение среднего уровня показаний радиометра, обусловленного фоновым излучением (далее фона). Для этого установить на блоке детектирования пустую (или заполненную дистиллированной водой) измерительную кювету и в режиме «б» произвести не менее пяти измерений (от 5 до 10 измерений) фоновой активности в Бк/л, вычислить среднее значение, округлить полученную величину до двух значащих цифр, разделенных запятой, с множителем, определяющим порядок числа, и полученную трехзначную комбинацию цифр отложить на кодовом переключателе «ФОН». В последующем прибор будет производить автоматическое вычитание фона. Например: в результате измерения фоновой активности получены следующие значения (в Бк/л): 73,6; 72,3; 81,7; 74,5; 74,4; 72,2; 76,8; 80,1; 75,7; 76,9. Среднее значение — 75,3 Бк/л. Эту величину можно представить в следующем виде: 7,5'10¹. Следовательно, на кодовом переключателе «ФОН» нужно набрать комбинацию цифр 7 5 1.

Определение удельной активности проб вязких и сыпучих продуктов. Взвесить пустой контейнер с крышкой; затем заполнить его пробой и закрыть крышкой; взвесить контейнер с пробой и рассчитать массу исследуемой пробы. Разместить контейнер с пробой на блоке детектирования и закрыть створки защиты. Снять 10 показаний (исключая первое значение после звукового сигнала) величины объемной активности исследуемой пробы в Бк/л, вычислить среднее значение. Удельная активность в Бк/кг рассчитывается по формуле:

$$A_{уд} = A_{об}/m,$$

где: $A_{об}$ — среднее значение измеренной радиометром объемной активности пробы, Бк/л; m — масса измеренной пробы, кг.

Учет вклада К-40 в активность пробы необходим, когда полученная по результатам измерения удельная (объемная) активность близка к допустимому уровню содержания радионуклидов в данном виде проб, а также при контроле продуктов и других проб, характеризующихся повышенным содержанием К-40 (бобовые, какао, гречка, сухое молоко, чай и др.). Для этого необходимо:

а) после измерения объемной или удельной активности пробы на основном канале перейти на калиевый измерительный канал, для чего нажать кнопку «РЕЖИМ» и отпустить ее в момент включения светодиода «К»;

б) не изменяя коэффициента нормирования, все элементы кодового переключателя коэффициента вычитания фона K_{ϕ} перевести в нулевое положение, произвести 3–5 измерений активности пробы и фона в Бк/л, найти среднее значение;

в) извлечь контейнер с пробой из защиты, установить на блоке детектирования пустую (фоновую) кювету, закрыть створки защиты, произвести 3–5 измерений в Бк/л, обусловленных фоном и рассчитать среднее значение;

г) рассчитать величину удельной активности пробы (с учетом поправки на калий-40), в Бк/кг, по формуле:

$$A_{уд} = A_{об} - (A_{\phi+пр} - A_{\phi})/m,$$

где: $A_{об}$ — среднее значение объемной активности пробы, измеренной на основном измерительном канале, Бк/л;

$A_{\phi+пр}$ — среднее значение объемной активности пробы и фона, измеренной на калиевом измерительном канале, Бк/л;

A_{ϕ} — среднее значение фоновой активности, измеренной на калиевом канале, Бк/л;

m — масса исследуемой пробы, кг.

Выключить прибор нажатием кнопки «ВКЛ», отсоединить измерительное устройство от сети переменного тока.

После измерений кювету освобождают от исследуемой пробы, промывают водным раствором сульфанола или СФ-3К с концентрацией приблизительно 100 мг/л и ополаскивают 2–3 раза чистой водопроводной водой.

Для целей радиометрического контроля следует использовать чистые в радиационном отношении кюветы. Поэтому перед помещением анализируемой пробы в измерительную кювету необходимо убедиться по пункту 6 (определение фона установки) методики в том, что фоновые показатели радиометра не увеличиваются более чем на 10-20% при размещении пустой кюветы в радиационной (свинцовой) защите.

Задания для самостоятельной работы:

- 1) оформить акт отбора образцов сыпучих продуктов (приложение 3);
- 2) усвоить подготовку радиометра РУБ-01П6 к работе;
- 3) оформить результаты изменений в форме первичного протокола исследований (приложение 4);
- 4) дать гигиеническую оценку полученным результатам.

Вопросы для самоконтроля усвоения темы

1. Образец (проба) — это:

- а) единица пищевой продукции после ее упаковки и маркировки;
- б) отобранная на исследование продукция, находящаяся в одной упаковке;
- в) пищевая продукция, наиболее соответствующая описанию;
- г) единица пищевой продукции или ее часть, отобранная из исследуемой совокупности пищевой продукции для проведения исследований (испытаний) и измерений этой продукции;
- д) единица пищевой продукции или ее часть, отобранная из исследуемой совокупности пищевой продукции и упакованная в тару.

2. Отбор образцов (проб) осуществляется:

- а) в местах сортировки и упаковки;
- б) в любом закрытом помещении;
- в) в месте, указанном заявителем;
- г) на территории предприятия;
- д) в месте хранения заявленной продукции.

3. акт отбора образцов (проб) подписывают:

- а) сотрудник, отобравший образцы (пробы) и любой присутствующий при этом человек;
- б) сотрудник, отобравший образцы (пробы), и представитель заявителя;
- в) только сотрудники ЦГЭ;
- г) только представитель заявителя;
- д) подпись не требуется, образец должен быть опечатан.

4. Перед началом измерений радиометр необходимо подготовить к работе и провести проверку его работы:

- а) с помощью контрольного источника;
- б) с помощью другого образца;
- в) не требуется дополнительной проверки;
- г) с помощью другого радиометра;
- д) с помощью индикатора уровня напряжения сети.

5. При отборе образцов (проб) осуществляются:

- а) внешний осмотр, идентификация продукции, оценка условий ее хранения;
- б) только внешний осмотр;
- в) внешний осмотр и оценка условий хранения;
- г) идентификация продукции;
- д) идентификация продукции и ее маркировка.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Ильин, Л. А.* Радиационная гигиена : учеб. / Л. А. Ильин, В. Ф. Кириллов, И. П. Коренков. Москва : ГЕОТАР-Медиа, 2010. 384 с.

Дополнительная

2. *Радиационная и экологическая медицина. Лабораторный практикум* / под ред. А. Н. Стожарова. Минск : Минфина, 2012. С. 147–174.

Нормативные документы

3. *О правовом* режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС: Закон Республики Беларусь от 26.05.2012 № 385-З.

4. *О радиационной безопасности*: Закон Республики Беларусь от 18 июня 2018 г. № 198-З

5. *О единой* государственной системе контроля и учета индивидуальных доз облучения: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 17.06.1999 № 929: в ред. постановлений Совмина от 27.12.2007 № 1840, от 04.05.2009 № 574.

6. *ГОСТ ИСО/МЭК 17025 2009* Межгосударственный стандарт «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий», 62 с.

7. *ТР ТС 027/2012* «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания».

8. *ТР ТС 007/2011* «О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков»

9. *ТР ТС 015/2011* «О безопасности зерна».

10. *ТР ТС 021/2011* «О безопасности пищевой продукции».

11. МУК 2.6.1.11-8-3-2003 Методические указания по методам контроля «Радиационный контроль. Стронций-90 и цезий-137. Пищевые продукты. Отбор проб, анализ и гигиеническая оценка». Сборник нормативных документов «Радиационная безопасность». Ч. 1. Минск : 2004. 64 с.

Глава 8

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИДКИХ ПРОБ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО СЫРЬЯ И ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Цель занятия: изучить и усвоить основные этапы исследования проб жидких продуктов питания и технологического сырья по радиологическим показателям.

Важнейшим требованием к радиационному контролю является достоверность выполненных измерений и, как следствие, сопоставимость результатов. Количественной характеристикой качества радиационного контроля является погрешность. Этот термин применяется как к средствам измерений, так и к результатам измерений. В международной практике применительно к результатам измерений используется термин неопределенность. В соответ-

ствии с СТБ ИСО/МЭК 17025 аккредитованные испытательные лаборатории должны иметь и применять процедуры оценки неопределенности измерений.

Факторы, оказывающие влияние на результат измерения.

В результате измерений всегда получается приближенное значение измеряемой величины. Отклонение измеренного значения от «истинного» значения определяет погрешность измерений. Так как «истинное» значение неизвестно, то не представляется возможным указать точное отклонение измеренного значения от истинного. Поэтому погрешности измерений тоже являются приближенными и, следовательно, определяются с некоторой погрешностью. Чем меньше погрешность, тем ближе значение измеряемой величины к «истинному» значению.

На результат измерений радиационных характеристик образца могут оказывать влияние следующие факторы:

- метрологические характеристики применяемых средств измерений;
- выбранные методы и методики выполнения измерений;
- продолжительность проведения измерений;
- условия проведения измерений (температура, влажность, атмосферное давление, уровень радиационного фона и др.);
- количество (масса, объем) измеряемого образца;
- квалификация лаборанта;
- другие дестабилизирующие факторы, способствующие увеличению погрешности измерений.

Различают систематические и случайные погрешности. Систематическая погрешность чаще всего остается постоянной на протяжении всей серии измерений. Наиболее характерными источниками систематических погрешностей являются:

- несовершенство методики измерения;
- неточность измерительной аппаратуры; различия условий градуировки и измерений;
- неточность градуировки приборов (погрешность образцовых источников);
- неточность справочных данных.

Систематическая погрешность может быть либо положительной, либо отрицательной. Это означает, что экспериментальные результаты оказываются либо завышенными, либо заниженными относительно истинных значений. Однако знак систематической погрешности не меняется и при повторных измерениях. Повторные измерения с тем же прибором не позволяют обнаружить и устранить систематическую погрешность. Систематические погрешности, как правило, не поддаются математическому анализу.

Гарантиями уменьшения систематических погрешностей являются:

- безупречное выполнение правил эксплуатации и градуировки измерительной аппаратуры;
- грамотное обеспечение условий эксперимента;
- личный опыт оператора.

Систематические погрешности средств измерений и вспомогательных средств указываются в паспортах, свидетельствах о поверке и (или) методиках выполнения измерений (МВИ) как основная относительная погрешность СИ и дополнительные относительные погрешности от изменения параметров внешних условий измерения (температуры, влажности и т. п.). Сведения о погрешностях указываются в разделах «Технические характеристики».

Случайные погрешности всегда имеют место при измерениях. Они являются причиной разброса результатов многократных измерений относительно «истинного» значения измеряемой величины. Случайная погрешность в одной и той же серии измерений меняется от измерения к измерению как по абсолютной величине, так и по знаку. Основными, характерными источниками случайной погрешности являются:

- статистический характер радиоактивного распада;
 - изменение геометрии измерения вследствие неконтролируемого смещения источников;
 - число измерений;
 - длительность измерений;
 - изменение параметров окружающей среды (температуры, влажности и т. п.).
- В радиометрах РКГ-01, РКГ-02, РКГ-02С, РКГ-03, РУБ-01П6 и их аналогах, а также в аппаратуре радиационного контроля, выпускаемой НПУП «Атомтех», величина случайной статистической погрешности результата измерения индицируется на табло в абсолютных или относительных единицах.

Абсолютная погрешность определяется в единицах измеряемой величины.

Относительная погрешность определяется в процентах (или долях). В радиометрах с установленным временем измерения (РУГ-92, РУГ-91) погрешность средства измерения задается как суммарная погрешность (при $P = 0,95$). Она указывается в техническом паспорте или МВИ и представляет собой сумму случайной погрешности и основной относительной погрешности для заданного условия измерения.

К случайным погрешностям также относятся *грубые погрешности*. Источником грубых погрешностей являются, как правило, недостаток внимания лаборанта (например, ошибки в записях и вычислениях, неверный отсчет показаний, неправильная подготовка прибора к измерениям и т.п.) или нестабильная работа аппаратуры. При обнаружении грубых погрешностей (промахов) результаты измерений, их содержащие, не учитываются.

Результаты измерений и решения, принимаемые на их основе, представляют собой очень важную техническую информацию, которую в последующем используют для осуществления госнадзора. При этом очень важно, чтобы результаты измерений снабжались единым параметром, связанным с результатом измерения и характеризующим его.

В соответствии с принятым в Республике Беларусь национальным стандартом СТБ ИСО/МЭК 17025 этой характеристикой является **неопределенность**.

Неопределенность — параметр измерений, связанный с результатом измерений и характеризующий рассеяние значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине.

Из определения неопределенности следует, что она является количественной мерой точности соответствующего результата измерений и является параметром, определяющим интервал вокруг измеренного значения величины, внутри которого с заданной вероятностью находится истинное значение измеряемой величины. Неопределенность измерения можно назвать мерой:

- знаний об измеренной величине после измерения;
- качества измерения с точки зрения его точности;
- надежности результата измерений в качестве оценки для значения измеренной величины.

Результат измерений является только оценкой значения измеряемой величины. Он будет полным только тогда, когда оцененное значение измеряемой величины сопровождается значением неопределенности.

Оформление результатов испытаний.

Результаты испытаний оформляются итоговым документом (Протокол испытаний, Акт гигиенической экспертизы) на бумажном носителе.

В зависимости от цели испытаний выбирается форма итогового документа. Испытания продукции для регистрации на территории Евразийского экономического союза оформляются Протоколом испытаний (приложение ...).

Измерения, проведенные для аттестации рабочих мест, оформляются Протоколом согласно Инструкции по оценке условий труда при аттестации рабочих мест по условиям труда, утвержденной Постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 22.02.2008 № 35.

Итоговый документ оформляется ответственным исполнителем на основании первичного протокола испытаний. Количество экземпляров должно быть не менее 2-х.

Один экземпляр передается ответственным исполнителем во временное хранение документов в ЦГЭ, остальные экземпляры предоставляются заявителю или иному лицу, определенному в договоре.

Результаты испытаний представляются ясно, четко, однозначно и объективно. В итоговом документе при указании нормативного/методического документа необходимо указывать их полное наименование и реквизиты (номер, год). Если для интерпретации результатов испытаний необходимо, то в итоговый документ включается:

а) информация об особых условиях испытаний, таких как условия окружающей среды;

б) заявление о соответствии требованиям или спецификациям;

в) где это применимо, неопределенность измерений, представленную в тех же единицах, что и измеряемая величина, или в относительном по отношению к измеряемой величине виде (например, в процентах), когда:

– это имеет отношение к достоверности или применению результатов испытаний;

– этого требует заявитель;

– неопределенность измерения влияет на соответствие установленному пределу;

г) мнения и интерпретации, где это применимо;

д) дополнительная информация, которая может потребоваться по конкретным методам испытаний, органам власти, заказчикам и др.

В итоговый документ из Акта отбора должна быть представлена следующая информация:

1) дата отбора образцов;

2) уникальная идентификация выбранного образца или материала (включая наименование производителя, обозначение модели или типа и серийные номера, когда это применимо);

3) место отбора образцов, включая любые диаграммы, эскизы или фотографии;

4) ссылку на план отбора и метод отбора;

5) сведения обо всех условиях окружающей среды во время отбора образцов, которые влияют на интерпретацию результатов;

б) информацию, необходимую для оценки неопределенности измерений для последующих испытаний или калибровки.

Итоговый документ должен включать в себя всю информацию, согласованную с заявителем и необходимую для интерпретации результатов, а также всю информацию, требуемую в соответствии с применяемым методом. Данные, предоставленные заявителем, должны быть четко идентифицированы. Если информация, предоставленная заявителем, может повлиять на достоверность результатов, в итоговый документ включается заявление об ограничении ответственности лаборатории.

ЦГЭ (лаборатория) несет ответственность за всю информацию, представленную в итоговом документе, за исключением информации предоставленной Заявителем.

Если лаборатория не осуществляет отбор образцов (образец предоставлен Заявителем), в итоговом документе должно быть отражено, что полученные результаты относятся к представленному заявителем образцу. Результаты рассматриваются и утверждаются в установленном порядке до их выдачи заявителю. При согласовании с заявителем результаты могут быть представлены в упрощенном виде (например, письмом). Если к итоговому документу прилагаются дополнительные документы (акты, схемы и т. п.), то каждый лист должен быть идентифицирован, и на каждом листе указано общее количество листов итогового документа, а также запись о том, что они являются приложением к итоговому документу. Итоговый документ утверждается руководителем (уполномоченным лицом) и заверяется печатью.

Заключения специалистов и разъяснение результатов испытаний. При необходимости в итоговый документ вносится заключение по результатам испытаний. Заключение по результатам испытаний содержит вывод о соответствии/не соответствии объекта испытаний (результатов испытаний) требованиям ТНПА. Мнения/интерпретация результатов испытаний в итоговом документе представляет только уполномоченный сотрудник. Мнения/интерпретации, содержащиеся в итоговом документе, основываются на результатах, полученных для объекта, прошедшего испытания, что четко указывается в итоговом документе: «Результаты испытаний относятся к испытанным(-ому) образцам (-у)».

Регистрация итогового документа. Итоговому документу присваивается регистрационный номер. Порядок его формирования определяется руководителем организации (ЦГЭ). Каждый экземпляр итогового документа должен быть подписан ответственным исполнителем, заведующим лабораторией.

Лабораторная работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМНОЙ И УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ПРОБ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ Cs-137 и Cs-134, ПРИБОРОМ РУГ-92

В ходе лабораторной работы необходимо освоить навыки измерения удельной (объемной) активности проб, загрязненных гамма-излучающими радионуклидами, радиометром РУГ-92 и оценки полученных результатов.

Условие лабораторной работы.

Провести лабораторные исследования по радиологическим показателям:

а) заявителем представлены образцы молока из личного подсобного хозяйства для проведения исследований;

б) сотрудник ЦГЭ отбирает образцы молока и направляет на исследование в лабораторию.

Гамма-радиометр РУГ-92. Гамма-радиометр РУГ-92 предназначен для измерения объемной активности загрязненных радионуклидами Cs-137 и Cs-134 проб (в частности продуктов питания) и применяется для контроля объектов окружающей среды в промышленных и лабораторных условиях.

Диапазон измерения объемной активности находится в пределах от 18 до 37000 Бк/л при использовании сосуда Маринелли объемом 1 л. Следует учитывать, что нижний предел измерения реализуется только при полном заполнении сосуда Маринелли, при использовании других типов кювет чувствительность прибора ниже. Результат измерения выводится на четырехрядное информационное табло.

Радиометр состоит из блока обработки и конструктивно объединенных между собой блока защиты, блока детектирования и аналогового блока. Прибор работает по принципу фиксации γ -квантов, зарегистрированных блоком детектирования за определенный промежуток времени в виде фотонов света, и преобразования их в импульсы электрического тока. Блок детектирования состоит из сцинтиллятора (кристалла CsI с вкраплениями натрия), фотоэлектронного умножителя. Аналоговый блок позволяет отфильтровать полезный сигнал от шума сопутствующего излучения, в том числе излучения калия-40.

Управление прибором осуществляется при помощи пульта управления, на котором имеется шесть переключателей, позволяющих выбрать нужный режим работы и тип измерительной кюветы (рис. 5). Кнопки имеют светодиодную индикацию и промаркированы следующим образом:

- «фон» — режим измерения фона;
- — сосуд Маринелли объемом 1 л;
- — сосуд Маринелли объемом 1 л с наполнением 0,5 л;
- — плоский сосуд 0,25 л;
- «ДП» — переключатель времени измерения (60 ± 6 секунд при выключенном, $600 \pm 0,6$ секунд при включенном);
- «измерение» — режим измерения пробы.



Подготовка прибора к работе.

1. Перед подключением радиометра к сети соединить клемму защитного заземления прибора, обозначенную на аналоговом блоке символом « » с шиной заземляющего контура.
2. Подключить кабель пульта к разъему на аналоговом блоке радиометра.
3. При помощи сетевого шнура подсоединить аналоговый блок к сети переменного тока 220 V, 50 Гц.

ВНИМАНИЕ! Категорически запрещается включение радиометра при снятых защитных крышках.

4. Нажатием тумблера «Выкл» на панели аналогового блока подать питание на радиометр. При этом над тумблером включится светодиод, а на информационном табло пульта высветятся запятые в четырех разрядах (сигнал выхода прибора на режим), которые индуцируются в течение всего времени выхода на режим. В это время происходит тестовая самопроверка прибора. В случае отсутствия неисправностей на табло появляется код исправности «00СС».

5. По окончании самопроверки прибора автоматически выбирается измерительная кювета « » — полный сосуд Маринелли.

Ход работы:

1. Выбрать тип кюветы. В случае если кювета «полный сосуд Маринелли» не устраивает оператора, нажатием соответствующей кнопки выбрать нужный тип измерительной кюветы. Для сыпучих и жидких проб рекомендуется использовать сосуд Маринелли (при необходимости допускается измерять пробы в сосуде Маринелли с наполнением 0,5 л). Для переключения прибора на другой тип кюветы следует нажать на соответствующую кнопку на передней панели пульта управления. Сигналом, что кювета выбрана, является горящий светодиод над соответствующей кнопкой. После переключения типа кюветы на информационном табло иницируется значение фона для данной кюветы, если он был ранее измерен.

2. Измерить фон. Измерение фона проводится в обязательном порядке для каждого типа кюветы и фиксируется в запоминающем устройстве прибора. При переключении типа кюветы раздается звуковой сигнал и на цифровом табло индуцируется значение фона для выбранного типа.

3. Включением кнопки «ДП » установить время измерения 10 минут.

4. Установить в блок защиты выбранную кювету, закрыть крышку и нажать кнопку «Фон» (включение подтверждается загоранием соответствующего светодиода). По окончании измерения раздается звуковой сигнал, а на информационном табло индуцируется количество зарегистрированных импульсов, умноженное на 10^3 , нормированное ко времени измерения.

5. В условиях естественного фона до 20 мкР/ч показания не должны превышать 3,000.

6. Выбрать время измерения пробы (переключатель «ДП»). При выключенном режиме «ДП» длительность измерения соответствует 60 с. Включение данной кнопки приводит к установлению длительности измерения 600 с. Выбирать время измерения следует исходя из допустимого уровня активности пробы и допустимой погрешности измерения в соответствии с табл. 6.

Таблица 6

Характеристики радиометра РУГ-92 для различных типов кювет и разной длительности измерения (относительная статистическая погрешность, %)

А, кБк/л	0,02		0,04		0,19	
	60	600	60	600	60	600
Т, сек						
Объем пробы 1 л	100 %	35 %	60 %	20 %	18 %	8 %
Объем пробы 0,5 л	100 %	60 %	100 %	31 %	26 %	10 %
Объем пробы 0,25 л	100 %	100 %	100 %	85 %	62 %	20 %

Определение объемной активности пробы.

1. Взвесить пробу.
2. Заполнить кювету пробой до метки. Поместить кювету с пробой в блок защиты, закрыть крышкой.

3. Нажать кнопку «Измерение». Включение режима измерения активности подтверждается светодиодом над кнопкой. По окончании измерения раздается звуковой сигнал, а на информационном табло индуцируется активность пробы в кБк/л.

4. В случае если активность пробы превышает верхний предел измерения, прибор прекращает измерение, и на цифровом табло высвечивается знак переполнения — «I.I.I.I.».

5. Для обеспечения высокой точности измерения следует тщательно мыть кювету между измерениями и не допускать попадания частиц пробы на внутреннюю поверхность блока защиты, а если это не удалось, после измерения необходимо провести дезактивацию внутренней поверхности блока защиты и повторить измерение фона.

Расчет удельной активности пробы.

Удельная активность вязких и сыпучих проб с удельной плотностью от 0,2 до 1,5 г/см³, но отличной от 1 г/см³ рассчитывается по формуле:

$$A_{уд} = A_{об}/m,$$

где: $A_{об}$ — измеренная объемная активность пробы, m — масса пробы. При этом:

- для сосуда Маринелли объемом 1 л: $A_{уд} = A_{об}/m$;
- для сосуда Маринелли объемом 1 л с наполнением 0,5 л: $A_{уд} = A_{об}/2m$;
- для плоского сосуда 0,25 л: $A_{уд} = A_{об}/4m$,

Задания для самостоятельной работы:

- 1) усвоить подготовку радиометра РУГ-92 к работе;
- 2) оформить протокол исследований (испытаний) образцов жидких продуктов (приложение 4);
- 3) дать гигиеническую оценку полученным результатам.

Вопросы для самоконтроля усвоения темы

1. «Точечная проба» — это:

- а) минимальное количество пищевой продукции, отобранной за один прием из пищевой продукции определенной партии для составления пробы;
- б) проба, отобранная из одного источника;
- в) проба, отобранная в одну емкость;
- г) минимальное количество продукта, которое можно измерить;
- д) проба массой 1 грамм.

2. Неопределенность измерений:

- а) параметр измерений, связанный с результатом измерений и характеризующий уровень квалификации лаборанта.
- б) параметр измерений, связанный с результатом измерений и характеризующий не доступные для измерения значения;
- в) параметр измерений, не связанный с результатом измерений, но влияющие на их результат;
- г) параметр измерений, связанный с результатом измерений и свойствами исследуемого образца (пробы);
- д) параметр измерений, связанный с результатом измерений и характеризующий рассеяние значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине;

3. Источниками систематической погрешности измерений не являются:

- а) несовершенство методики измерения;
- б) недостаточная квалификация лаборанта;
- в) неточность измерительной аппаратуры, различия условий градуировки и измерений;
- г) неточность градуировки приборов (погрешность образцовых источников);
- д) неточность справочных данных.

4. Результаты измерений могут быть отнесены:

- а) к продукции из одной тары/упаковки;
- б) только к исследуемому образцу (пробе);
- в) к данному виду продукции;
- г) к исследуемой продукции только от одного производителя
- д) распространяются на всю партию продукции, из которой проводился отбор образцов (проб);

5. Протокол испытаний (исследований) утверждается:

- а) только руководителем организации (главным врачом ЦГЭ) и заверяется печатью;
- б) лицом, проводившим лабораторные исследования, и заверяется печатью;
- в) заведующим лабораторий, в которой проводились испытания (исследования) и заверяется печатью;
- г) руководителем (главным врачом ЦГЭ) или уполномоченным лицом и заверяется печатью;
- д) комиссией из числа сотрудников лаборатории и заверяется печатью.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Ильин, Л. А.* Радиационная гигиена : учеб. / Л. А. Ильин, В. Ф. Кириллов, И. П. Коренков. Москва : ГЕОТАР-Медиа, 2010. 258–270 с.

Дополнительная

2. *Радиационная и экологическая медицина. Лабораторный практикум / под ред. А. Н. Стожарова.* Минск : Минфина, 2012. С. 69–85.

3. Сайт кафедры radbez.bsmu.by

Нормативные документы

4. *Санитарные нормы и правила «Требования к радиационной безопасности» и Гигиенический норматив «Критерии оценки радиационного воздействия»: постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 № 213.*

5. *ТР ЕАЭС 044/2017 «О безопасности упакованной питьевой воды, включая природные минеральные воды».*

6. *ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции»*

7. *О применении санитарных мер в таможенном союзе: Решение комиссии таможенного союза от 28.05.2010 г. № 299.*

8. *Закон Республики Беларусь от 18.06.2019 № 198-З «О радиационной безопасности».*

Глава 9

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО СЫРЬЯ И ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ДЕТЕЙ

Цель изучения: применить на практике законодательные, нормативные и инструктивные документы, определяющие гигиенические нормы и требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам для детей по показателям радиационной безопасности.

К специализированным продуктам питания — детского питания относятся продукты промышленного производства, вырабатываемые по нормативной документации на продукты детского питания и имеющие специальную маркировку.

Лабораторная работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ Cs-137, K-40 и Sr-90 в ДЕТСКОМ ПИТАНИИ С ПОМОЩЬЮ БЕТА-ГАММА-СПЕКТРОМЕТРА МКС-АТ1315

В ходе лабораторной работы необходимо освоить практические навыки по определению β - γ — излучающих радионуклидов в продуктах питания методом радиометрического анализа с помощью прибора МКС-АТ1315 и выполнить гигиеническую оценку результатов радиометрического анализа продуктов детского питания с помощью спектрометра МКС-АТ1315.

Ход работы:

Провести лабораторные исследования по определению удельной активности Cs-137, K-40 и Sr-90 в сухой каше для детского питания, отобранной и предоставленной для исследования в рамках контроля производства предприятия пищевой промышленности.

Для выполнения измерений используется γ - β -спектрометр МКС-АТ1315, выпускаемый научно-производственным унитарным предприятием «Атомтех» (Беларусь, Минск) представляет собой комбинированное двухдетекторное спектрометрическое и радиометрическое средство измерения смешанного гамма-бета-излучения.

В качестве детектора γ -излучения используется сцинтилляционный блок детектирования γ -излучения (БДГ) с кристаллом NaI(Tl) размерами 63 на 63 мм.

В качестве детектора β -излучения используется сцинтилляционный блок детектирования β -излучения (БДБ) с пластмассовым сцинтиллятором диаметром 128 на 9 мм.

В состав спектрометра входит персональный компьютер, оснащенный программой «SPTR».

Спектрометр предназначен для качественного и количественного гамма-бета-спектрометрического и радиометрического анализа проб объектов окружающей среды различной консистенции (продуктов питания, питьевой воды, сельскохозяйственной продукции и сырья и др.) на содержание гамма-бета-излучающих радионуклидов.

Накопленная информация в виде спектров γ - и β -излучения пробы выводится на экран монитора персонального компьютера и обрабатывается средствами программного обеспечения.

Спектрометр предназначен для оснащения лабораторий радиационного контроля, медицинских учреждений, предприятий агропромышленного комплекса и других ведомств, осуществляющих контроль качества продукции и радиологический мониторинг объектов окружающей среды.

Спектрометр обеспечивает регистрацию γ -излучения в диапазоне энергий от 50 до 3000 кэВ и β -излучения в диапазоне от 150 до 3500 кэВ.

Измерение и накопление аппаратных спектров γ - и β -излучения осуществляется одновременно и селективно в диапазоне каналов от 0 до 1023.

Характеристика преобразования спектрометра нормируется зависимостью энергии регистрируемого γ -излучения от номера канала и представляется в виде таблицы «номер канала — энергия γ -излучения». Характеристика преобразования отображается на экране ПК в виде графика с помощью программы «SPTR».

Принцип действия спектрометра основан на накоплении и обработке амплитудных спектров импульсов, поступающих от блока детектирования бета излучения. Амплитуда импульсов, пропорциональная энергии бета-излучения, преобразуется в цифровой код, который хранится в запоминающем устройстве блоков детектирования. Информация из них в реальном масштабе времени считывается компьютером и после обработки выводится на монитор.

Общий вид спектрометра представлен на рис. 6.



Рис. 6. Общий вид гамма-бета-спектрометра МКС-АТ1315

Управление работой спектрометра и обработка спектров осуществляется с использованием компьютера.

Программное обеспечение «SPTR» позволяет:

- управлять режимами работы спектрометра;
- отображать накопление информации в γ - и β -каналах;
- проводить анализ и обработку аппаратных спектров, включая:
- поиск пиков полного поглощения;
- идентификацию радионуклидов;
- расчет активности и погрешности измерения;
- учитывать физические свойства исследуемого объекта;
- определять параметры пиков;

– сохранять измеренные спектры, формировать базу данных результатов измерений;

– протоколировать результаты измерений.

Ход выполнения работы.

1. Подготовка пробы к измерениям.

2. Пробу сухой каши для детского питания массой 350 г помещают в металлическую посуду и обугливают в течение 3 часов на песчаной бане при периодическом перемешивании фарфоровым шпателем.

3. Озоленную пробу взвешивают, помещают в полиэтиленовый пакет и герметизируют с помощью липкой ленты. Пробу маркируют.

4. Используя компьютерную программу «SPTR» запускают автоматическую подготовку спектрометра к работе. В течение выполнения этой программы прибор самостоятельно устанавливает и контролирует необходимые параметры, которые ему необходимы для дальнейшей работы (активность контрольного источника радиоактивного цезия, контроль рабочего фона спектра).

5. Для этого, в главном меню выбирают функции «Подготовка», «Подготовка к работе», «Начать». Программа потребует установить в блок детектирования контрольный источник (Cs-137).

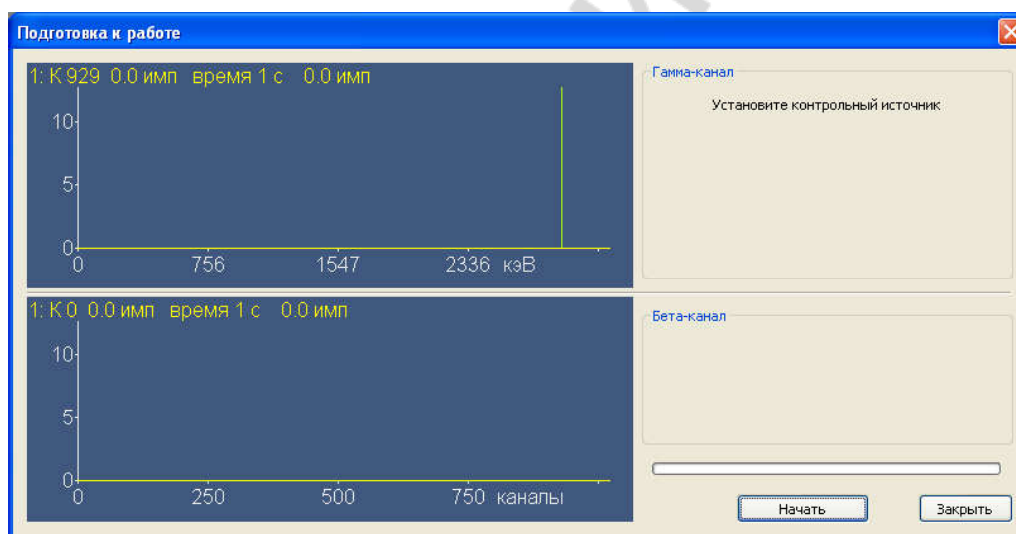


Рис. 7. Подготовка прибора к работе

В держатель блока защиты, который появляется после отодвигания верхнего блока БДБ, устанавливают упомянутый контрольный источник ионизирующего излучения. БДБ задвигают на место и нажимают кнопку «Начать». На экране монитора появляются два окна (измерения по β - и γ -каналам) и в них начинается подсчет количества импульсов, отображение энергетического диапазона и времени, прошедшего с начала процедуры.



Рис. 8. Подсчет количества импульсов.

6. После завершения процедуры «Подготовка к работе» программа переводит прибор в режим проверки параметров, путем вычисления и коррекции положения пика, а также значений скорости счета импульсов. Последние по гамма-каналу должны находиться в пределах $220,0 \pm 1,1$ и $144,4 \pm 14,4$; по β -каналу — $155,0 \pm 1,5$ и $271,4 \pm 27,1$.

Если параметры удовлетворяют указанным значениям, программа выдает сообщение «Параметры в норме». Если параметры не удовлетворяют указанным значениям, меняется значение кода усиления и цикл автоматически повторяется до тех пор, пока параметры не будут соответствовать упомянутым требованиям. При достижении необходимых значений, появляется сообщение «Параметры в норме».

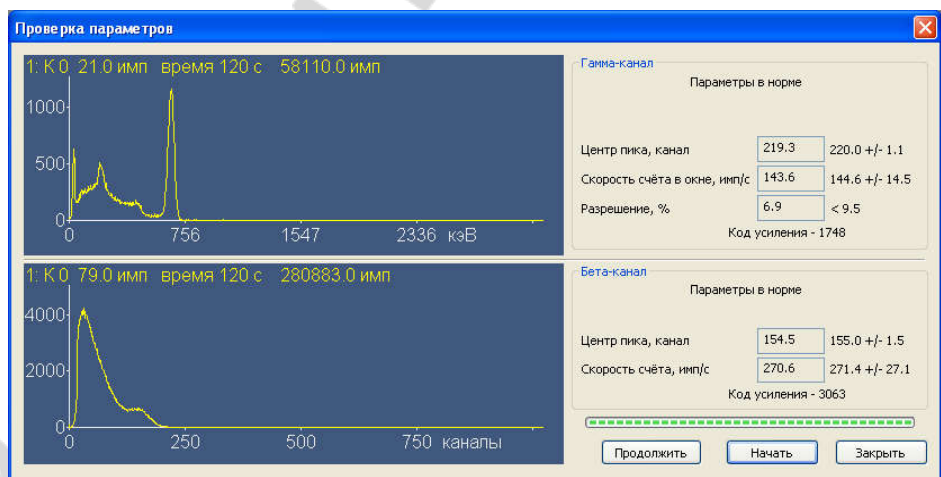


Рис. 9. Работа в режиме проверки параметров

7. На следующем этапе подготовки спектрометра к работе необходимо произвести измерение фона. Для этого в главном меню выбирают функцию «Контроль фона», убирают контрольный источник ИИ и нажимают кнопку

«Начать». В окнах по бета- и гамма-каналам в течение 2 минут происходит набор спектров. Скорость счета импульсов по гамма-каналу должна составлять $20,7 \pm 2,1$, по бета-каналу — $5,7 \pm 0,6$ в минуту. Если эти значения достигнуты, то появляется сообщение «Фон в норме». При отклонении от заданных параметров уровня фона его измерение продолжают.

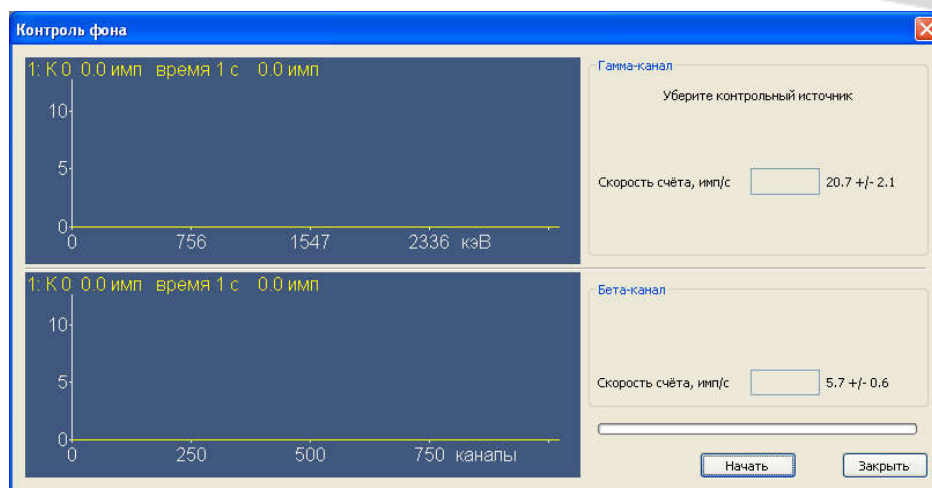


Рис. 10. Измерение фона гамма- и бета-канала

8. На следующем этапе проводится запись контрольного фона. Фон записывается в память компьютера и используется для последующих расчетов. Время набора спектра фонового значения должно быть не менее 3 часов.

Для этого выбирают необходимую полиэтиленовую емкость. Ее заполняют дистиллированной водой, в главном меню программы «SPTR» выбирают функцию «Измерение». В появившемся окне устанавливают время набора спектра (10800 секунд), массу пробы воды в выбранном сосуде, выбивают геометрию используемого сосуда и вводят комментарий для пробы, например, «Дистиллированная вода», указывают путь к каталогу, где будет храниться полученный файл. После этого запускают набор спектра, нажимая кнопку «Набор» (Рис. 11).

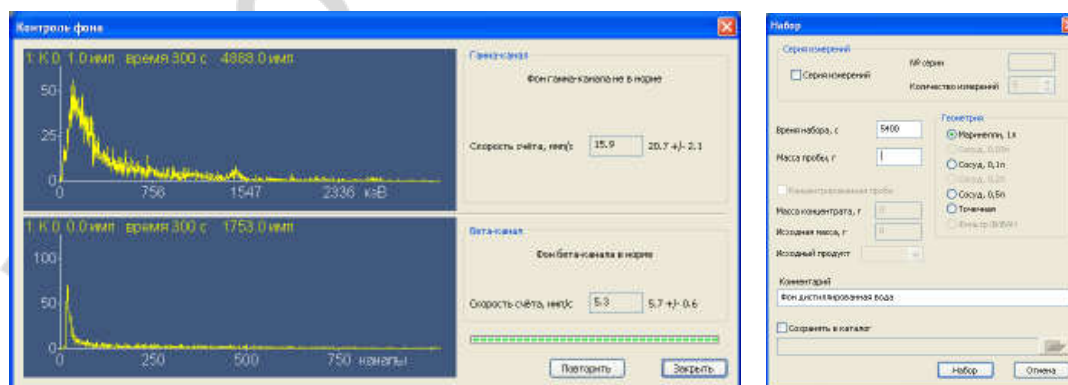


Рис. 11. Процесс записи контрольного фона

9. После измерения фона, сосуд с дистиллированной водой из блока защиты удаляют. В него помещают такую же емкость с озоленной пробой сухой каши для детского питания, у которой заранее определяют массу, в главном меню выбирают функцию «Измерение», в открывшемся окне вносят необходимые данные (время набора, массу пробы и т. д.) и запускают набор спектра.

Через установленное оператором время, после завершения процедуры подсчета числа импульсов в других каналах, программа произведет необходимый расчет и на экран будет выдан протокол измерения (Рис. 12).



Рис. 12. Пример вывода протокола измерения

На основе полученных данных заполняют первичный протокол измерения, в котором указывают следующие данные:

Номер учетной записи.					
Дата измерения					
Геометрия сосуда.					
Время набора спектра, с					
Масса пробы, г.					
Метод обработки спектра					
Наименование образца					
Радионуклид	Активность, Бк/кг	Стат. погрешность, %	Полн. погрешность, Бк/кг		
Cs-137					
Sr-90					
K-40					

Задание для самостоятельной работы. Представить результаты в форме протокола лабораторных исследований (испытаний) (приложение 4). Подготовить обоснованное заключение о соответствии/несоответствии представленного образца сухой молочной каши требованиям ТНПА.

Вопросы для самоконтроля усвоения темы

1. Дозиметрические приборы (дозиметры) — это приборы:

- а) для измерения дозы (мощности дозы) или энергии, переносимой или переданной ИИИ объекту, находящемуся в поле его действия;
- б) для измерения содержания радионуклидов в теле, в отдельных тканях;
- в) измеряющие распределения частиц по различным параметрам (энергии, виду излучения, зарядам, массам и др.);
- г) для измерения флюенса или мощности флюенса ионизирующего излучения;
- д) универсальные приборы для измерения нескольких величин.

2. Классификация приборов радиационного контроля не зависит от:

- а) вида радиационного контроля;
- а) функционального назначения прибора;
- б) типа измеряемой физической величины;
- в) вида ионизирующего излучения;
- г) класса лаборатории радиационного контроля в которой он используется.

3. Методики выполнения измерений (МВИ) допускаются к применению:

- а) после опубликования их в сборнике методических документов
- б) после метрологического подтверждения в Белорусском государственном институте метрологии (БелГИМ) и утверждения руководителем организации (главным врачом ЦГЭ);
- в) после их утверждения постановлением Министерства здравоохранения;
- г) после согласования их с производителем оборудования;
- д) после регистрации оборудования как средства измерения в государственном реестре Республики Беларусь;

4. Средняя проба — это:

- а) образец (проба) средний по массе (по размеру);
- б) представительная часть объединенной пробы, предназначенная для проведения исследований (испытаний) и измерений;
- в) проба, отобранная из середины упакованной продукции;
- г) проба, отобранная из партии продукции за один прием;
- д) проба, предъявленная для исследования самим заявителем.

5. В случае нарушения целостности упаковки, отсутствия (нарушения) пломбира (печати), отсутствия или несоответствия сопроводительной документации, сотрудник ЦГЭ должен принять решение:

- а) принять образцы на исследование после устранения этих нарушений;
- б) образцы к дальнейшей работе не допускаются;

в) в случае нарушения упаковки или пломбира к дальнейшему исследованию не допускаются, а если нет необходимых сопроводительных документов — начать работу после того как их предоставят;

г) принять образцы на исследование после согласования с руководителем лаборатории или главным врачом ЦГЭ;

д) принять образцы на исследование, но указать, что образцы доставлены в лабораторию с нарушениями.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Ильин, Л. А.* Радиационная гигиена : учеб. / Л. А. Ильин, В. Ф. Кириллов, И. П. Коренков. Москва : ГЕОТАР-Медиа, 2010. 258–270.

Дополнительная

2. *Радиационная и экологическая медицина. Лабораторный практикум / под ред. А. Н. Стожарова.* Минск : Минфина, 2012. С. 69–85.

3. Сайт кафедры radbez.bsmu.by.

Нормативные документы

4. *Санитарные нормы и правила «Требования к радиационной безопасности» и Гигиенический норматив «Критерии оценки радиационного воздействия»:* постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 № 213.

5. *ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания».*

6. *ТР ТС 007/2011 «О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков».*

7. *Закон Республики Беларусь от 18.06.2019 № 198-З «О радиационной безопасности».*

Глава 10

РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРЕДПРИЯТИЙ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Цель изучения: оценить радиационное воздействие на население за счет выбросов предприятий ядерной энергетики в условиях штатной эксплуатации реакторов большой мощности канальных. С использованием методологии НКДАР ООН произвести расчет радиационного воздействия на население Беларуси за счет функционирования Смоленской и Игналинской АЭС.

Функционирование атомных электростанций (АЭС) является частью ядерного топливного цикла, который помимо данного этапа включает в себя добычу ядерного топлива, его обогащение, производство тепловыделяющих сборок (ТВЭЛов) и захоронение отработанного топлива. В непосредственной близости от территории Беларуси добыча ядерного топлива не происхо-

дит и происходит лишь эксплуатация АЭС: Смоленской АЭС на территории Российской Федерации, Ровенской и Чернобыльской АЭС на территории Украины и закрытой Игналинской АЭС на территории Литвы. Три из них, за исключением Ровенской АЭС работают на основе реакторов большой мощности канальных (РБМК). Последний представляет из себя канальный энергетический реактор на тепловых нейтронах, одноконтурный, кипящего типа. Теплоносителем является вода. Этому типу реакторов присущ ряд серьезных недостатков, которые, в частности привели к аварии на Чернобыльской АЭС. В силу чего, строительство этих реакторов было прекращено. Последний реактор этого типа был введен в эксплуатацию на Смоленской АЭС в 1990 году.

Любой тип реакторов в процессе штатной эксплуатации служит источником выбросов радиоактивных элементов в окружающую среду (атмосферы и воду).

Смоленская АЭС расположена на территории Российской Федерации в 90 км от границы Могилевской области (рис. 13). В эксплуатации находятся 3 энергоблока, мощностью 1000 МВт каждый.

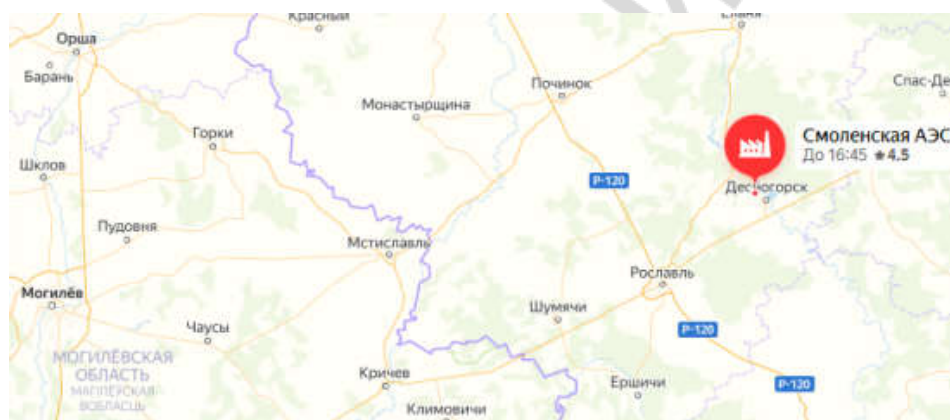


Рис. 13. Схема расположения Смоленской АЭС.

В табл. 7 представлены данные о выбросах в атмосферу при работе Смоленской АЭС.

Таблица 7

Выбросы радиоактивных элементов в атмосферу при работе Смоленской АЭС (в год).

Радионуклид	Выбросы ГБк/год	Радионуклид	Выбросы ГБк/год	Радионуклид	Выбросы ГБк/год
H-3	3,37	Sr-90	0,0599	Ar-41	11100
C-14	26,4	Cs-134	0,00381	Kr-85	4,33
Co-58	0,00298	Cs-137	0,0648	Kr-87	94200
Co-60	0,109	I-131	7,7	Xe-133	41000
Sr-89	0,0547	I-133	0,152	Xe-135	5280

Игналинская АЭС расположена в Литве в 5 км от Витебской области (рис. 14). В эксплуатации находились два энергоблока по 1500 МВт каждый.

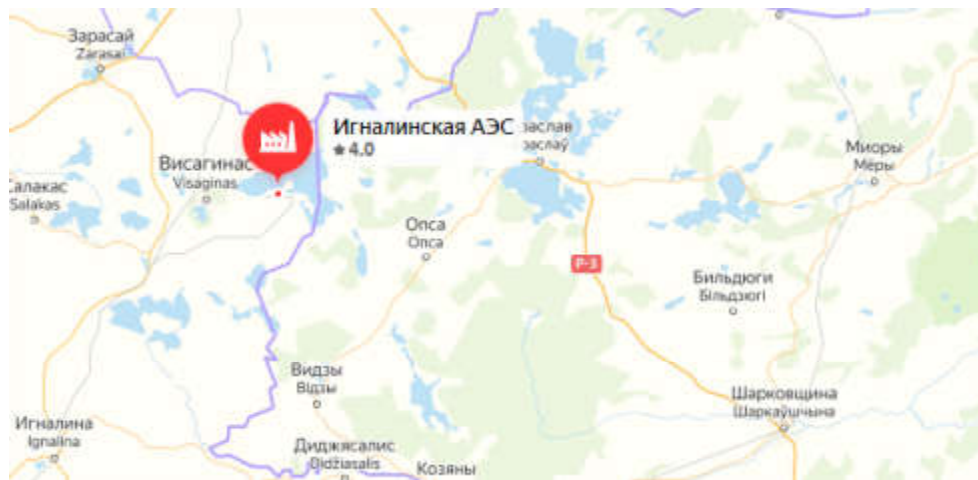


Рис. 14. Схема расположения Игналинской АЭС

По требованию Евросоюза из-за конструктивных недостатков этого типа реакторов была остановлена 1 января 2010 года. Однако топливо из нее не выгружено, и она является также источником радиоактивных выбросов в атмосферу и водную среду. Часть радионуклидов уже не поступает из реактора в окружающую среду (например, йод-131). Однако в таблице 14 представлены данные о радиоактивных выбросах Игналинской АЭС на настоящий момент времени.

Таблица 8

Радиоактивные выбросы в атмосферу Игналинской АЭС (в год)

Радионуклид	Выбросы ГБк/год	Радионуклид	Выбросы ГБк/год
H-3	3,9233	Sr-90	0,00424
C-14	2,7	Cs-134	0,000085
Co-60	0,02	Cs-137	0,01487
Sr-89	0,00171		

Лабораторная работа

РАСЧЕТ РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗА СЧЕТ ВСЕХ ВИДОВ ФОРМИРОВАНИЯ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ АЭС С КАНАЛЬНЫМИ РЕАКТОРАМИ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

В процессе выполнения работы необходимо освоить расчет радиационного воздействия на население Беларуси за счет функционирования Смоленской АЭС и остановленной Игналинской АЭС.

На основе методологии НКДАР ООН **выполнить** расчет объемной активности воздуха за счет иммерсированных выбрасываемых радионуклидов

на различном расстоянии от АЭС, поверхностной активности территории, годовых эффективных дозы внешнего и внутреннего облучения, загрязнение основных продуктов питания.

Параллельно с подготовкой НКДАР ООН публикации «Радиационное воздействие при производстве электроэнергии» («Radiation exposure from electricity generation») в 2017 году была подготовлена и издана «Методология для оценки облучения населения за счет радиоактивных выбросов» («Methodology for estimating public exposures due radioactive discharges»). Для облегчения расчетов данная методология была представлена в виде связанных электронных таблиц. В основу методологии были положены ряд основных принципов:

1. Основные пути миграции радионуклидов в окружающей среде (рис. 15).



Рис. 15. Схема миграции радионуклидов в окружающей среде:

1 — облучение от радиоактивного облака, ингаляция; 2 — внешнее облучение от загрязненной местности; 3 — внутреннее облучение от перорального поступления; 4 — внутреннее облучение от питьевой воды

Выбросы от предприятий могут происходить как в атмосферу, так и в водную среду. Первый путь ведет к дисперсии радионуклидов в воздухе, т.е. его загрязнению. Это формирует внешнее и внутреннее облучение за счет ингаляционного поступления радионуклидов (1). Находясь в воздухе радионуклиды могут попадать на почву путем сухих выпадений, а также в виде выпадений с осадками. Это ведет к загрязнению местности и формированию доз внешнего облучения человека (2). Попадая по трофическим цепям в растения и организм животных, радионуклиды с продуктами питания оказываются в организме человека и тем самым формируют внутреннее облучение (3). Дополнительным фактором внутреннего облучения является питьевая

вода (4). Водный путь поступления радионуклидов в данном случае не учитывается.

2. Методология подразумевает только непрерывные рутинные выбросы.

3. Учитывается постоянное воздействие долгоживущих радионуклидов и после прекращения выбросов.

4. При расчете доз внутреннего облучения за счет перорального поступления радионуклидов учитывается потребление только местных продуктов питания.

5. При расчете коллективных доз учитывается плотность населения, свойственная странам восточной Европы.

Для расчета необходимых параметров необходимо использовать большое количество физических констант, сложных формул, математических действий, применение множества коэффициентов перехода радионуклидов в разные среды и т. д. Все эти параметры введены в состав электронных таблиц разработчиками, что значительно упрощает расчеты.

Для хранения полученных расчетных результатов в лабораторной работе используются соответствующие шаблоны, которые содержат пустые таблицы, необходимые для последующего заполнения.

В состав семейства электронных таблиц НКДАР ООН входят следующие страницы (рис. 16):

1. **Радионуклиды** — перечень с физическими характеристиками радионуклидов, которые могут подлежать расчетам (Вносить какие-либо изменения в этот лист электронных таблиц не следует).

2. **Основные параметры** — перечень физических констант и характеристик, которые участвуют в расчетах. На этой странице электронных таблиц имеются данные о рационе питания, свойственным жителям Беларуси и плотности населения в нашей республике. Эти параметры используются в последующих расчетах. Для расчетов в лабораторной работе необходимо лишь внесение исходных данных в строку 13, колонка С в виде выбросов (Бк) в единицах объемной активности (куб. м) в одну секунду (Бк/с). Ячейка помечена коричневым цветом. Остальные параметры на этой странице изменять не следует.

3. **Активность** — результаты расчетов объемной активности воздуха (Бк/куб. м) на различном удалении от источника выбросов для конкретного радионуклида, а также скорости выпадения радионуклида на территории (Бк/кв.м) на различном удалении от источника выброса. Этот параметр используется в последующих расчетах.

4. **Ингаляция, иммерсия** — рассчитанные дозы облучения (Зв/год) за счет ингаляционного от конкретного радионуклида, а также доза внешнего облучения за счет иммерсии радионуклида в воздухе на различном удалении от источника выброса;

5. **Внешнее облучение** — рассчитанные дозы внешнего облучения за счет проживания на загрязненной территории для конкретного радионуклида (Зв/год) на различном удалении от источника выброса;

6. **Внутреннее облучение** — рассчитанные дозы внутреннего облучения за счет потребления продуктов питания (Зв/год) для конкретного радионуклида (зерно, овощи, молоко, мясо) при различном удалении от источника выброса;

7. **Суммарные дозы** — рассчитанные индивидуальные ГЭД (Зв/год) и коллективные дозы облучения (чел.-Зв/год) для конкретного радионуклида и на различном удалении от источника выброса.

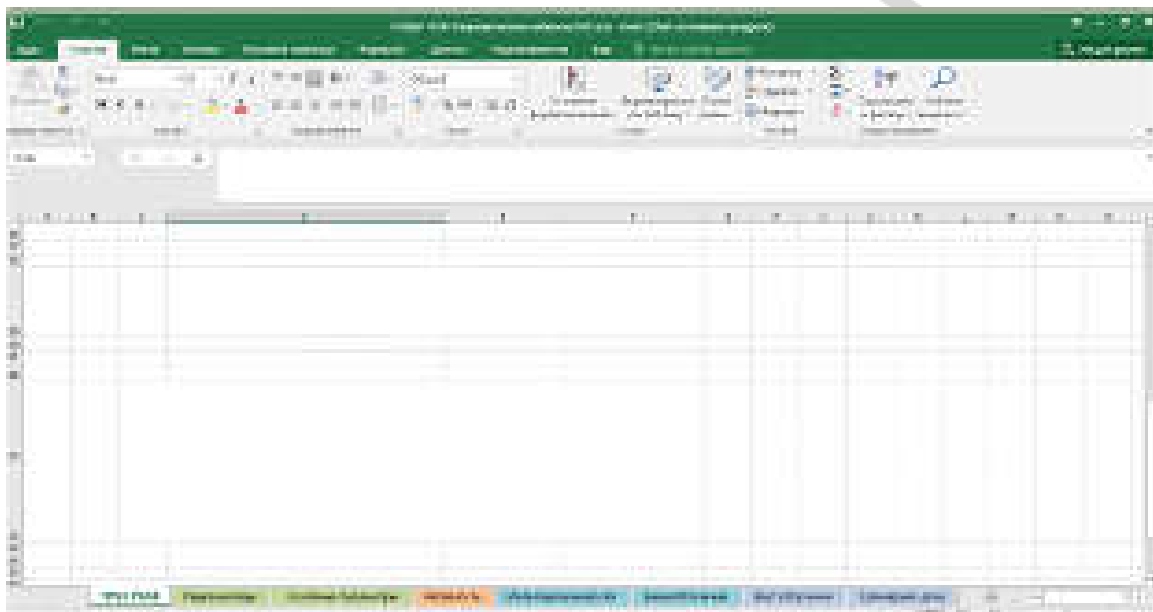


Рис. 16. Титульная страница электронных таблиц НКДАР ООНУсловие лабораторной работы

Условие лабораторной работы. Рассчитать радиационное воздействие (активность радионуклидов воздухе (Бк/куб.м), дозы за счет ингаляционного поступления (Зв/год), внешнего облучения за счет загрязнения воздуха (Зв/год), дозы за счет внешнего облучения вследствие загрязнения территории (Зв/год), дозы внутреннего облучения за счет потребления зерна и зернопродуктов, овощей и картофеля, молока и молокопродуктов, мяса (Зв/год), индивидуальные (Зв/год) и коллективные дозы (чел.-Зв/год), а также активность основных продуктов питания (Бк/кг или Бк/л). Расчет необходимо осуществить для радионуклидов, перечисленных в таблицах 10-1 и 10-2. В расчет брать территории проживания населения на расстоянии 5, 13, 100, 300 и 600 от упомянутых АЭС. Эти расстояния покрывают всю территорию Беларуси и, следовательно, дают представление о радиационном воздействии на население республики.

Ход работы:

1. Пересчитайте активности всех упомянутых выше радионуклидов в секунду.
2. Загрузите электронную таблицу «НКДАР ООН радиоактивные выбросы» и файл «НКДАР ООН штатные выбросы РБМК».
3. В электронной таблице «НКДАР ООН радиоактивные выбросы» зайдите на страницу «Основные параметры». В ячейку С13 (Количество выброса) введите значение выбросов объемной активности в секунду. Нажмите клавишу «Ввод» (рис. 17).

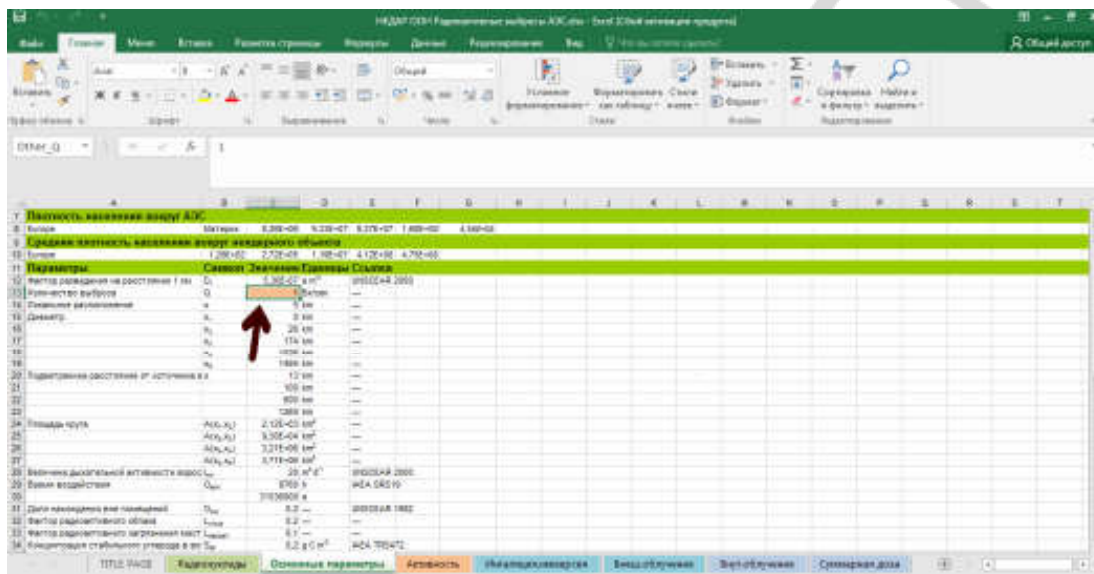


Рис. 17. Страница «Основные параметры» электронных таблиц

4. Перейдите на следующую страницу «Активность». В столбике А выберите радионуклид, для которого происходит расчет. В строке по рассчитываемому радионуклиду, соответственно расстояниям от источника выброса (5, 13, 100, 300 и 600 км) выделите ячейки. Они соответствуют объемной активности воздуха в Бк/куб.м. Скопируйте их содержимое в память компьютера.
5. Перенесите их содержимое в таблицу «НКДАР ООН штатные выбросы РБМК» в раздел «Активность радионуклидов в воздухе (Бк/куб.м)». Для вставки пользуйтесь не горячими клавишами, а кнопками мыши.
6. Перейдите на страницу «Ингаляция, иммерсия» электронной таблицы «НКДАР ООН радиоактивные выбросы». В колонке А выберите рассчитываемый радионуклид. В строке по рассчитываемому радионуклиду, соответственно расстояниям от источника выброса (5, 13, 100, 300 и 600 км) выделите ячейки. Они соответствуют дозам облучения населения от ингаляционного поступления этого радионуклида (Зв/год) и дозам облучения за счет внешнего облучения от загрязненного воздуха в Зв/год. Скопируйте их содержимое в память компьютера.

7. Перенесите их содержимое в таблицу «НКДАР ООН штатные выбросы РБМК» в раздел «Дозы за счет ингаляционного поступления, внешнего облучения от радиоактивного облака».

8. Перейдите на страницу «Внешнее облучение» электронной таблицы «НКДАР ООН радиоактивные выбросы». В колонке А выберите нужный радионуклид. В строке по рассчитываемому радионуклиду, соответственно расстояниям от источника выброса (5, 13, 100, 300 и 600 км) выделите ячейки. Они соответствуют дозам внешнего облучения населения от загрязненной территории в Зв/год. Скопируйте их содержимое в память компьютера.

9. Перенесите их содержимое в таблицу «НКДАР ООН штатные выбросы РБМК» в раздел «Дозы внешнего облучения от загрязненной территории».

10. Перейдите на страницу «Внутреннее облучение» электронной таблицы «НКДАР ООН радиоактивные выбросы». В колонке А выберите нужный радионуклид. В строке по рассчитываемому радионуклиду, соответственно расстояниям от источника выброса (5, 13, 100, 300 и 600 км) выделите ячейки по основным продуктам питания (зерно, овощи, молоко, мясо). Они соответствуют дозам внутреннего облучения населения от потребления продуктов питания в Зв/год. Скопируйте их содержимое в память компьютера.

11. Перенесите их содержимое в таблицу «НКДАР ООН штатные выбросы РБМК» соответственно расстояниям от источника выбросов в раздел «Дозы внутреннего облучения».

12. Перейдите на страницу «Суммарные дозы» электронной таблицы «НКДАР ООН радиоактивные выбросы». В колонке А выберите нужный радионуклид. В строке по рассчитываемому радионуклиду, соответственно расстояниям от источника выброса (5, 13, 100, 300 и 600 км) выделите ячейки. Они соответствуют индивидуальной ГЭД дозе (Зв/год) и коллективной дозе (чел.-Зв/год). Скопируйте их содержимое в память компьютера.

13. Перенесите их содержимое в таблицу «НКДАР ООН штатные выбросы РБМК» соответственно расстояниям от источника выбросов в раздел «Индивидуальные годовые дозы» и «Коллективные годовые дозы».

14. После заполнения перечисленных разделов по выбранному радионуклиду произойдет автоматический расчет и заполнение таблицы «Активность в продуктах» соответственно расстояниям от источника выброса по данному радионуклиду (Бк/кг или Бк/л).

15. Все перечисленные этапы выполнения лабораторной работы (1–14) необходимо проделать для остальных радионуклидов, отраженных в таблицах 7 и 8.

Алгоритм оценки результатов:

1. По данным заполненной таблицы «НКДАР ООН штатные выбросы РБМК» проведите анализ вклада различных радионуклидов в дозы облучения населения.

2. Проанализируйте динамику снижения доз облучения населения на различном расстоянии от Смоленской и Игналинской АЭС.

3. Сделайте вывод о радиационном воздействии при эксплуатации Смоленской и Игналинской АЭС на территорию Беларуси.

4. Оцените степень загрязнения продуктов питания различными радионуклидами при эксплуатации Смоленской и Игналинской АЭС.

Задание для самостоятельной работы. Скопируйте и сохраните заполненную таблицу для последующей подготовки рисунков и презентации на выбранную тему.

Вопросы для самоконтроля усвоения темы

1. Удельная активность образца — это:

а) отношение активности A радионуклида в образце к массе образца:
 $A_v = A/m$;

б) отношение активности A радионуклида в образце к объему образца:
 $A_v = A/V$;

в) отношение активности A радионуклида в образце к массе точечной пробы: $A_v = A/m_{\text{пробы}}$;

г) отношение активности A радионуклида в образце к скорости счета образца: $A_v = A/v$;

д) отношение активности A радионуклида в образце к времени счета образца: $A_v = A/t$.

2. Грей — это единица:

а) радиоактивности;

б) поглощенной дозы;

в) экспозиционной дозы;

г) мощности амбиентного эквивалента дозы;

д) эффективной дозы.

3. Операционными величинами являются...

а) керма;

б) амбиентный эквивалент дозы;

в) эквивалентная доза в коже;

г) керма в воздухе;

д) эффективная доза.

4. Какой из радионуклидов не является продуктом распада ^{238}U .

а) Радий-226;

в) К-40;

д) Полоний-214

б) Радон-222;

г) Свинец-210

5. Назовите продукт распада урана-238

а) Th-232;

в) Радон-222;

д) К-40.

б) Нептуний -237;

г) Уран-235;

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Ильин, Л. А.* Радиационная гигиена : учеб. / Л. А. Ильин, В. Ф. Кириллов, И. П. Коренков. Москва : ГЕОТАР-Медиа, 2010. 355–359, 375–380.

2. *Оценка* воздействия на окружающую среду 1588-ПЗ-ОИ4. Часть 8. Отчет об ОВОС. Часть 8.1. Описание АЭС.

Дополнительная

3. *Радиационное* воздействие при производстве электроэнергии, НКДАР ООН, 2017, 135–240.

4. *Методология* для оценки облучения населения за счет радиоактивных выбросов, НКДАР ООН, 2017, 19–134.

5. Сайт кафедры radbez.bsmu.by.

Нормативные документы

6. *Закон* Республики Беларусь «Об использовании атомной энергии» № 426-З от 30.07.2008г. с изменениями и дополнениями.

7. *Санитарные* нормы и правила «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии и источников ионизирующего излучения», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 31.12.2013 № 137. Гл. 20.

8. *Санитарные* нормы и правила «Требования к радиационной безопасности», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 № 213. Гл. 2–5.

9. *Гигиенический* норматив «Критерии оценки радиационного воздействия», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 № 213. Прил. 7.

10. *Санитарные* нормы, правила и гигиенические нормативы «Гигиенические требования к проектированию и эксплуатации атомных электростанций» (утв. Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь №39 от 31.03.2010).

Глава 11

ОЦЕНКА РАДИОАКТИВНЫХ ВЫБРОСОВ ОСНОВНЫХ ДОЗООБРАЗУЮЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ. ПРОГНОЗ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ

Цель изучения: Радиационно-гигиеническая оценка штатных выбросов и биогенных радионуклидов (С-14 и Н-3). С использованием методологии Научного комитета ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН) произвести расчет радиационного воздействия на население Беларуси при штатной эксплуатации Белорусской АЭС.

Функционирование предприятий ядерной энергетики является частью ядерного топливного цикла, который помимо этого этапа включает в себя добычу ядерного топлива, его обогащение, производство тепловыделяющих сборок (ТВЭЛов) и захоронение отработанного топлива.

На территории Беларуси, на территории Островецкого района Гродненской области возведена АЭС, основу которой составляют два энергоблока с водо-водяными реакторами (ВВЭР-1200) (рис. 18).

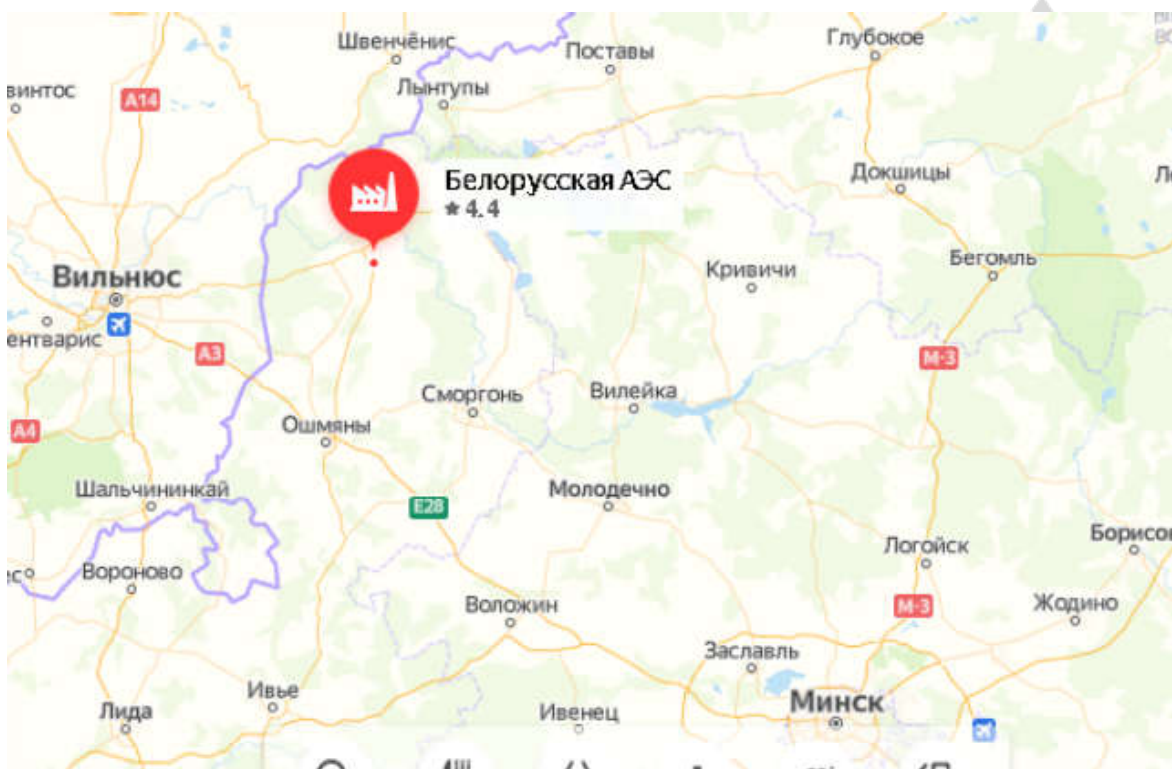


Рис. 18. Схема расположения БелАЭС

Суммарная электрическая мощность БелАЭС составляет 2400 МВт. Станция возведена в 18 км от города Островца и примерно в 100 км от Минска. Согласно прил. 3 «Санитарным нормам, правилам и гигиеническим нормативам «Гигиенические требования к проектированию и эксплуатации атомных электростанций» (утв. Постановлением МЗ РБ №39 от 31.03.2010) при штатной работе АЭС с ВВЭР может сопровождаться допустимыми выбросами в атмосферу радиоактивных газов и аэрозолей (табл. 9).

Таблица 9

Значение годовых допустимых выбросов радионуклидов (радиоактивных газов и аэрозолей) в атмосферный воздух.

Радионуклид	Годовой допустимый выброс
Инертные радиоактивные газы	690 ГБк
^{131}I (газовая и аэрозольная форма)	18 ГБк
^{60}Co	7,4 ГБк
^{134}Cs	0,9 ГБк
^{137}Cs	2,0 ГБк

Известно, что доля главных инертных газов в их общей активности составляет: Хе-133 — 72 %, Хе-135 — 13 %, Кr-85 — 6 % и Ar-41 — 0,2 %. Остальное количество составляют ^{85m}Kr , ^{88}Kr и др. Радиоактивные инертные газы могут поступать во внешнюю среду за счет их плохой улавливаемости с помощью фильтров из-за утечки воды из первого контура. Из всех инертных газов наиболее подвижен криптон. Он не вовлекается в биологические процессы. Однако хорошо поглощается тканями человека при дыхании и накапливается в жировых тканях человека.

Помимо радиоактивных газов и аэрозолей любая атомная электростанция является источником выброса двух значимых глобальных радионуклидов (радиоуглерода — ^{14}C и трития ^3H). Эти радиоактивные элементы имеют особое значение в формировании доз облучения человека. Оба являются биологически активными элементами, так как входят в состав составных компонентов клеток живых организмов (белки, нуклеиновые кислоты, углеводы и жиры). В атмосферу радиоуглерод выбрасывается в основном в виде углекислого газа (CO_2). Последний, как известно, утилизируется при фотосинтезе зелеными растениями, переходя в углеводы, которые становятся радиоактивно-мечеными. Они потребляются человеком непосредственно или по трофической цепи через организм животных попадают с продуктами питания в организм человека. Все это приводит к формированию у человека доз внутреннего облучения. Несколько другой механизм радиационного воздействия на человека трития. Также, как и радиоуглерод он может встраиваться в структурные компоненты клетки. Другой путь состоит в обмене с водородом воды с образованием так называемой тритиевой воды. Данная радиоактивная вода поступает в организм человека и также, в свою очередь формирует дозу внутреннего облучения.

Еще одной особенностью этих радионуклидов является большой потенциал для их распространения. Они могут распространяться на тысячи километров, в силу чего их относят к глобальным радионуклидам. В приложении 3 «Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы «Гигиенические требования к проектированию и эксплуатации атомных электростанций» (утв. Постановлением МЗ РБ №39 от 31.03.2010) эти радионуклиды не оговорены, однако известны их предполагаемые годовые выбросы, присущие водо-водяным энергетическим реакторам (табл. 10).

Таблица 10

Значение годовых допустимых выбросов глобальных радионуклидов в атмосферный воздух в реакторах ВВЭР

Радионуклид	Годовой допустимый выброс
^{14}C	$2,3 \cdot 10^{11}$ Бк
^3H	$3,0 \cdot 10^{13}$ Бк

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

РАСЧЕТ РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗА СЧЕТ ВСЕХ ВИДОВ ФОРМИРОВАНИЯ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ЗА СЧЕТ ДОПУСТИМЫХ ШТАТНЫХ ВЫБРОСОВ БЕЛАЭС

В процессе выполнения работы необходимо **освоить** расчет радиационного воздействия на население Беларуси за счет допустимых штатных выбросов и глобальных радионуклидов БелАЭС. На основе методологии НКДАР ООН **выполнить** расчет объемной активности воздуха за счет иммерсированных выбрасываемых радионуклидов на различном расстоянии от АЭС, поверхностной активности территории, годовых эффективных доз внешнего и внутреннего облучения, загрязнение основных продуктов питания.

Ход работы. В ходе лабораторной работы необходимо рассчитать радиационное воздействие (активность радионуклидов в воздухе (Бк/куб.м), дозы за счет ингаляционного поступления (Зв/год), внешнего облучения за счет загрязнения воздуха (Зв/год), дозы за счет внешнего облучения вследствие загрязнения территории (Зв/год), дозы внутреннего облучения за счет потребления зерна и зернопродуктов, овощей и картофеля, молока и молокопродуктов, мяса (Зв/год), индивидуальные (Зв/год) и коллективные дозы (чел.-Зв/год), а также активность основных продуктов питания. Расчет необходимо осуществить для радионуклидов, перечисленных в таблице 10 с учетом вклада различных инертных газов и таблицы 9. В расчет брать территории проживания населения на расстоянии 5, 13, 100, 300 и 600 от БелАЭС. Эти расстояния перекрывают санитарно-защитную зону, зону наблюдения (ЗН) АЭС, границы Минска, а также всю территорию Беларуси и, следовательно, дают представление о радиационном воздействии на население республики.

Основные характеристики электронных таблиц НКДАР ООН описаны в главе 10.

1. Пересчитайте активности радионуклидов, внесенных в таблицы 15 и 16 в выбросы за 1 секунду.

2. Загрузите электронную таблицу «НКДАР ООН радиоактивные выбросы» и файлы «НКДАР ООН штатные выбросы БелАЭС» и «НКДАР ООН глобальные выбросы».

3. В электронной таблице «НКДАР ООН радиоактивные выбросы» зайдите на страницу «Основные параметры». В ячейку C13 (Количество выброса) введите активность выброса в секунду. Нажмите клавишу «Ввод» (рис. 19).

4. Перейдите на следующую страницу «Активность». В столбике А выберите радионуклид, для которого происходит расчет. В строке по рассчитываемому радионуклиду, соответственно расстояниям от источника выброса (5, 13, 100, 300 и 600 км) выделите ячейки. Они соответствуют объемной активности воздуха в Бк/куб.м. Скопируйте их содержимое в память компьютера.

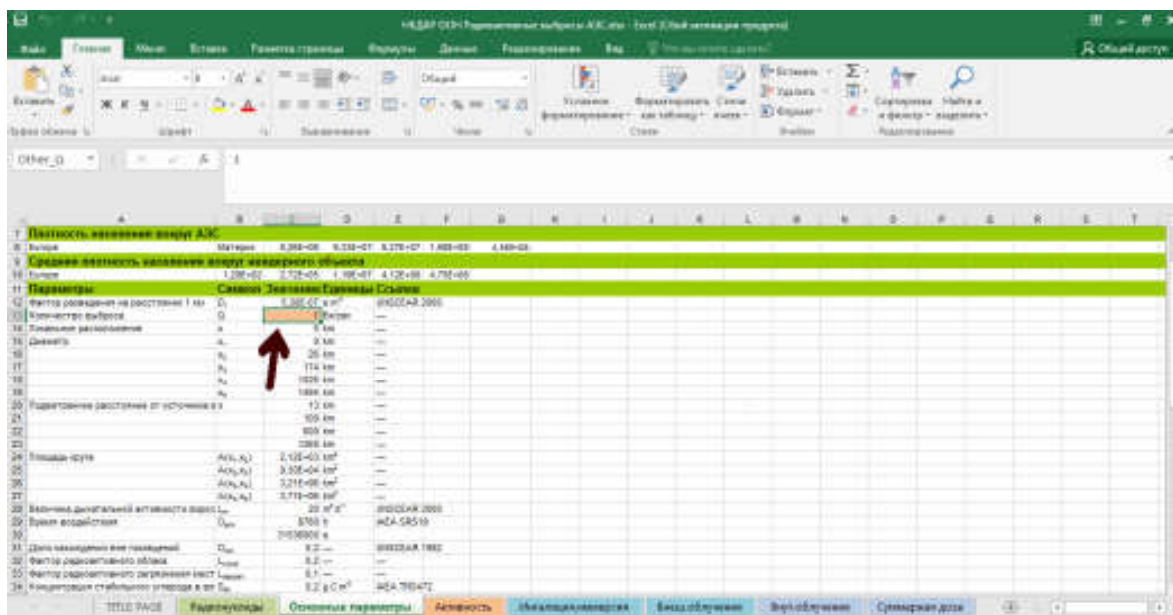


Рис. 19. Страница «Основные параметры» электронных таблиц

5. Перенесите их содержимое в таблицу «НКДАР ООН штатные выбросы БелАЭС» или «НКДАР ООН глобальные выбросы» в раздел «Активность радионуклидов в воздухе (Бк/куб.м)». **Для вставки пользуйтесь не горячими клавишами, а кнопками мыши.**

6. Перейдите на страницу «Ингаляция, иммерсия» электронной таблицы «НКДАР ООН радиоактивные выбросы». В колонке А выберите рассчитываемый радионуклид. В строке по рассчитываемому радионуклиду, соответственно расстояниям от источника выброса (5, 13, 100, 300 и 600 км) выделите ячейки. Они соответствуют дозам облучения населения от ингаляционного поступления этого радионуклида (Зв/год) и дозам облучения за счет внешнего облучения от загрязненного воздуха в Зв/год. Скопируйте их содержимое в память компьютера.

7. Перенесите их содержимое в таблицу «НКДАР ООН штатные выбросы БелАЭС» или «НКДАР ООН глобальные выбросы» в раздел «Дозы за счет ингаляционного поступления, внешнего облучения от радиоактивного облака».

8. Перейдите на страницу «Внешнее облучение» электронной таблицы «НКДАР ООН радиоактивные выбросы». В колонке А выберите нужный радионуклид. В строке по рассчитываемому радионуклиду, соответственно расстояниям от источника выброса (5, 13, 100, 300 и 600 км) выделите ячейки. Они соответствуют дозам внешнего облучения населения от загрязненной территории в Зв/год. Скопируйте их содержимое в память компьютера.

9. Перенесите их содержимое в таблицу «НКДАР ООН штатные выбросы БелАЭС» или «НКДАР ООН глобальные выбросы» в раздел «Дозы внешнего облучения от загрязненной территории».

10. Перейдите на страницу «Внутреннее облучение» электронной таблицы «НКДАР ООН радиоактивные выбросы». В колонке А выберите нужный радионуклид. В строке по рассчитываемому радионуклиду, соответственно расстояниям от источника выброса (5, 13, 100, 300 и 600 км) выделите ячейки по основным продуктам питания (зерно, овощи, молоко, мясо). Они соответствуют дозам внутреннего облучения населения от потребления продуктов питания в Зв/год. Скопируйте их содержимое в память компьютера.

11. Перенесите их содержимое в таблицу «НКДАР ООН штатные выбросы БелАЭС» или «НКДАР ООН глобальные выбросы» соответственно расстояниям от источника выбросов в раздел «Дозы внутреннего облучения».

12. Перейдите на страницу «Суммарные дозы» электронной таблицы «НКДАР ООН радиоактивные выбросы». В колонке А выберите нужный радионуклид. В строке по рассчитываемому радионуклиду, соответственно расстояниям от источника выброса (5, 13, 100, 300 и 600 км) выделите ячейки. Они соответствуют индивидуальной ГЭД дозе (Зв/год) и коллективной дозе (чел.-Зв/год). Скопируйте их содержимое в память компьютера.

13. Перенесите их содержимое в таблицу «НКДАР ООН штатные выбросы БелАЭС» или «НКДАР ООН глобальные выбросы» соответственно расстояниям от источника выбросов в раздел «Индивидуальные годовые дозы» и «Коллективные годовые дозы».

14. После заполнения перечисленных разделов по выбранному радионуклиду произойдет автоматический расчет и заполнение таблицы «Активность в продуктах» соответственно расстояниям от источника выброса по данному радионуклиду (Бк/кг или Бк/л).

15. Все перечисленные этапы выполнения лабораторной работы (1–14) необходимо проделать для остальных радионуклидов, внесенных в таблицы 9 и 10.

Алгоритм оценки результатов.

1. По данным заполненной таблиц «НКДАР ООН штатные выбросы БелАЭС» и «НКДАР ООН глобальные выбросы» проведите анализ вклада различных радионуклидов в дозы облучения населения.

2. Проанализируйте динамику снижения доз облучения населения на различном расстоянии от БелАЭС (санитарно-защитная зона, ЗН, граница г. Минска, граница Беларуси).

3. Сделайте вывод о прогнозе воздействии штатных выбросов и глобальных радионуклидов, высвобождаемых при эксплуатации БелАЭС на территорию Беларуси.

4. Оцените степень загрязнения продуктов питания штатными и глобальными радионуклидами, выбрасываемые БелАЭС.

Задание для самостоятельной работы. Скопируйте и сохраните заполненные таблицы для последующей подготовки рисунков и презентации на выбранную тему.

Вопросы для самоконтроля усвоения темы

1. Удельная активность образца — это:

а) отношение активности A радионуклида в образце к массе образца:
 $A_v = A/m$;

б) отношение активности A радионуклида в образце к объему образца:
 $A_v = A/V$;

в) отношение активности A радионуклида в образце к массе точечной пробы: $A_v = A/m_{\text{пробы}}$;

г) отношение активности A радионуклида в образце к скорости счета образца: $A_v = A/v$;

д) отношение активности A радионуклида в образце к времени счета образца: $A_v = A/t$.

2. Грей — это единица:

а) радиоактивности;

б) поглощенной дозы;

в) экспозиционной дозы;

г) мощности амбиентного эквивалента дозы;

д) эффективной дозы.

3. Операционными величинами являются:

а) керма;

б) амбиентный эквивалент дозы;

в) эквивалентная доза в коже;

г) керма в воздухе;

д) эффективная доза.

4. Какой из радионуклидов не является продуктом распада ^{238}U :

а) Радий-226;

б) Радон-222;

в) К-40;

г) Свинец-210;

д) Полоний-214.

5. Назовите продукт распада урана-238:

а) Th-232;

б) Нептуний-237;

в) Радон-222;

г) Уран-235;

д) К-40.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Ильин, Л. А.* Радиационная гигиена : учеб. / Л. А. Ильин, В. Ф. Кириллов, И. П. Коренков. Москва : ГЕОТАР-Медиа, 2010. 355–359, 375–380.

2. *Оценка* воздействия на окружающую среду 1588-ПЗ-ОИ4. Часть 8. Отчет об ОВОС. Часть 8.1. Описание АЭС.

Дополнительная

3. *Радиационное* воздействие при производстве электроэнергии, НКДАР ООН, 2017, 135–240.

4. *Методология* для оценки облучения населения за счет радиоактивных выбросов, НКДАР ООН, 2017, 19–134.

5. Сайт кафедры radbez.bsmu.by.

Нормативные документы

6. *Закон* Республики Беларусь «Об использовании атомной энергии» № 426-З от 30.07.2008г. с изменениями и дополнениями.

7. *Санитарные* нормы и правила «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии и источников ионизирующего излучения», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 31.12.2013 № 137. Гл. 20.

8. *Санитарные* нормы и правила «Требования к радиационной безопасности», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 № 213. Гл. 2–5.

9. *Гигиенический* норматив «Критерии оценки радиационного воздействия», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 № 213. Прил. 7.

10. *Санитарные* нормы, правила и гигиенические нормативы «Гигиенические требования к проектированию и эксплуатации атомных электростанций» (утв. Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь №39 от 31.03.2010).

Глава 12

РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Цель изучения: усвоить основные принципы организации и проведения радиационно-гигиенического мониторинга.

Важнейшим аспектом современной профилактической медицины является мониторинг здоровья населения. В последние годы потребность в корректном мониторинге радиационно-экологической ситуации в Республике Беларусь многократно возросла, т.к. помимо мониторинга радиационно-экологической ситуации, связанной с последствиями Чернобыльской катастрофы, появилась необходимость мониторинга ситуации вокруг Белорусской АЭС. При выборе методов оценки и прогнозирования радиационно-экологической ситуации преследуется лишь одна цель: наиболее точно осуще-

ствить прогноз при наименьших затратах сил и материальных средств. Эта цель в большинстве случаев достигается компьютерным моделированием. Подтвердить точность результатов моделирования радиационно-экологической ситуации позволяют периодические прямые измерения дозовых нагрузок на отдельные группы населения с помощью СИЧ и ТЛД-дозиметрии. Таким образом моделирование радиационной обстановки позволяет, с одной стороны, максимально широко и оперативно использовать на практике результаты мониторинга, а с другой стороны, сохранить предельную точность и надежность результатов такого моделирования.

В общем случае, в соответствии с рекомендациями Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ), к объектам радиационного мониторинга отнесены:

- потенциальные источники радиоактивного загрязнения (в первую очередь — радиационные объекты);
- окружающая среда (объекты окружающей среды, среда обитания человека, в том числе жилище, сельскохозяйственная и животноводческая продукция, пища, вода, воздух и т. д.);
- сам человек (определение доз от внешнего и внутреннего облучения и расчет суммарных дозовых нагрузок).

Основные объекты радиационного мониторинга представлены на рис. 20.

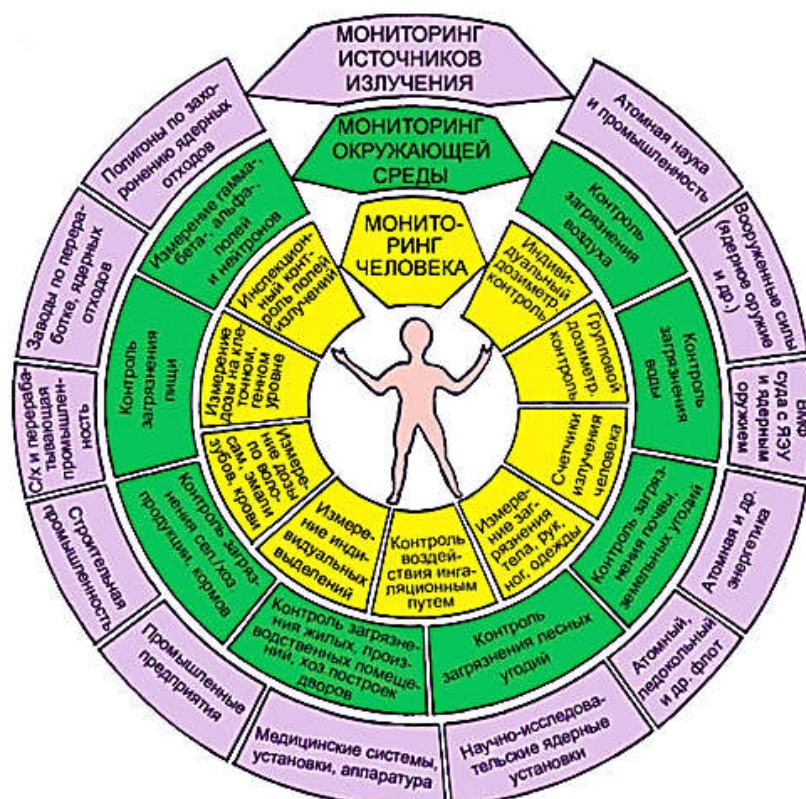


Рис. 20. Общая схема радиационного мониторинга

Радиационный мониторинг в Республике Беларусь проводится в соответствии с «Инструкцией о порядке проведения наблюдений за естественным радиационным фоном и радиоактивным загрязнением атмосферного воздуха, почвы, поверхностных и подземных вод на пунктах наблюдений радиационного мониторинга», утвержденной приказом Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 18.07.2014 г. № 230 — ОД и «Перечнем находящихся в ведении Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь пунктов наблюдений радиационного мониторинга», утвержденным постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 08.04.2014 г. № 20 (Постановление № 20).

Радиационный мониторинг проводится с целью наблюдения за:

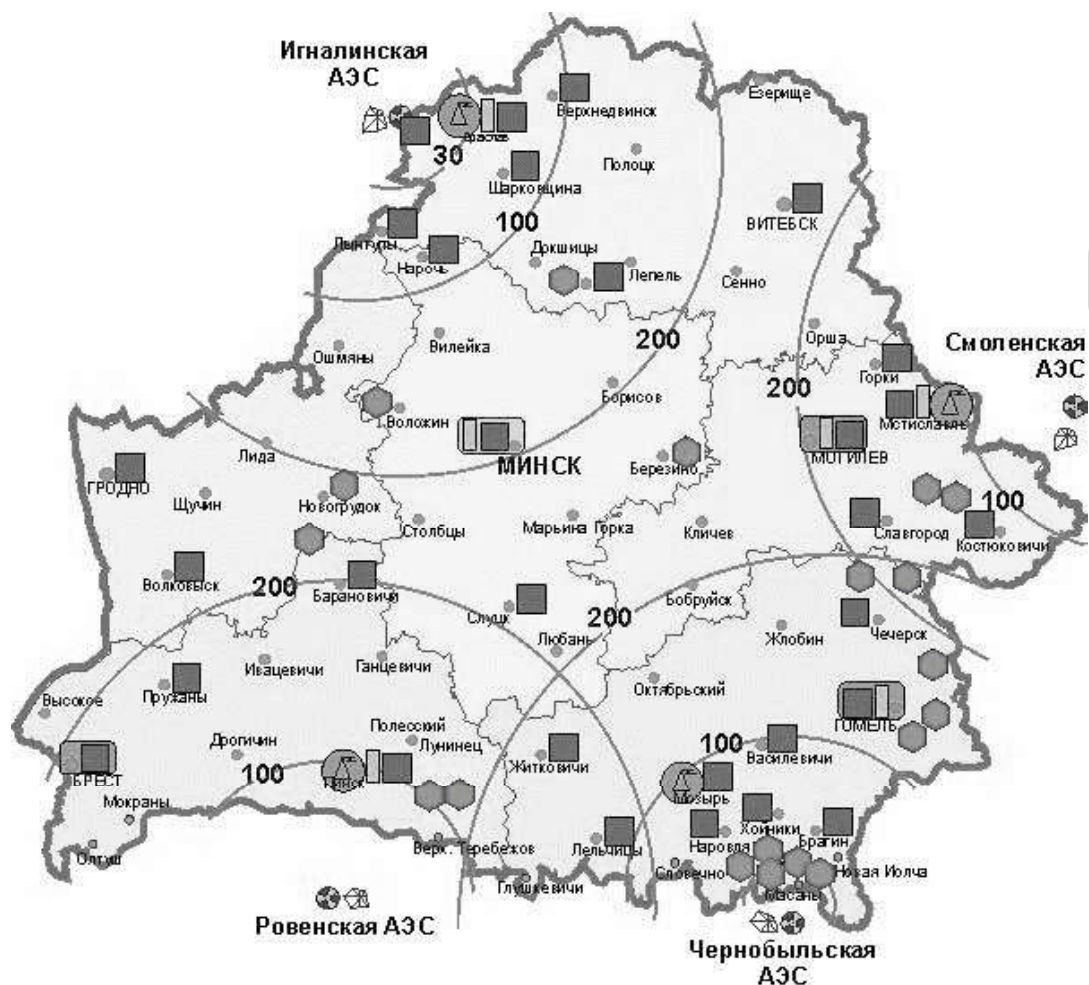
- естественным радиационным фоном;
- радиационным фоном в районах воздействия потенциальных источников радиоактивного загрязнения, в том числе для оценки трансграничного переноса радиоактивных веществ;
- радиоактивным загрязнением атмосферного воздуха, почвы, поверхностных и подземных вод на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС.

В соответствии с Постановлением № 20 на территории Республики Беларусь функционирует 41 пункт наблюдений радиационного мониторинга (Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды, рис. 21), на которых ежедневно проводятся измерения мощности дозы гамма-излучения. На 24 пунктах наблюдения, расположенных на всей территории Республики Беларусь, контролируются радиоактивные выпадения из атмосферы. На 5 пунктах наблюдения (Мозырь, Нарочь, Пинск, Браслав и Мстиславль) ежедневно производится отбор проб для определения суммарной бета-активности естественных атмосферных выпадений, на 19 пунктах — один раз в 10 дней.

На 6-ти пунктах наблюдений, расположенных в городах Браслав, Гомель, Могилев, Мозырь, Мстиславль, Пинск проводится отбор проб радиоактивных аэрозолей в приземном слое атмосферы с использованием фильтровентиляционных установок. Из них: на 5-ти пунктах, расположенных в зонах воздействия атомных электростанций сопредельных государств (рис. 21), отбор проб проводится ежедневно; на одном пункте (Могилев) — отбор проб проводится в дежурном режиме (1 раз в 10 дней).

Вся информация по мощности дозы гамма-излучения, радиоактивным выпадениям из атмосферы и содержанию радиоактивных аэрозолей в воздухе вносится в автоматизированный банк данных, где хранятся метеоданные.

Проведение радиационного мониторинга вокруг АЭС является международным требованием и определено национальным законодательством Республики Беларусь.













-  Преобладающее направление ветра - "среднегодовая роза ветров"
-  АЭС
-  Удаление от АЭС
-  Измерение уровней мощности дозы гамма-излучения
-  Пункты отбора проб радиоактивных аэрозолей в приземном слое атмосферы
-  Пункты отбора проб радиоактивных выпадений
-  Ландшафтно-геохимические полигоны
-  Национальный центр реагирования
-  Региональный центр реагирования
-  Локальный центр реагирования

Рис. 21. Схема размещения пунктов радиационного мониторинга

В проведении радиационного мониторинга принимают участие:

- эксплуатирующая организация — Белорусская АЭС, отвечающая за радиационный мониторинг на площадке, на границе СЗЗ и в зоне наблюдения;
- Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды, являющееся ответственным за организацию и проведение радиационного мониторинга окружающей среды (почва, воздух, поверхностные и подземные воды) и оценку метео- и гидрологических параметров;

– Министерство сельского хозяйства и продовольствия — мониторинг загрязненности сельскохозяйственной продукции;

– Министерство здравоохранения отвечает за проведение мониторинга пищевых продуктов и питьевой воды и оценку доз облучения населения на основе результатов мониторинга, выполняемого всеми участниками. Таким образом Министерство здравоохранения осуществляет конечную оценку результатов мониторинга.

Для контроля радиационной обстановки окружающей среды в зоне Белорусской АЭС используется автоматизированная система контроля радиационной обстановки (АСКРО), которая включает пункты радиационного контроля (ПРК). Разновидностью ПРК является автоматический пункт измерений (АПИ). Базовый комплекс АСКРО, состоящий из 3 АПИ, обеспечивает получение информации о мощности дозы гамма-излучения в зоне воздействия Белорусской АЭС в целях дальнейшего их использования в качестве «фоновых». ПРК могут иметь фильтровентиляционные установки (ФВУ), воздуходувки, использовать планшеты, спектрометры, системы метеоконтроля (например, автоматические). АПИ должны быть оснащены:

- датчиками измерения мощности дозы
- датчиками измерения метеопараметров
- спектрометрическими датчиками для идентификации отдельных радионуклидов

Радиационно-гигиенический мониторинг — это система комплексного длительного наблюдения и оценки параметров радиационной и санитарно-гигиенической обстановки среды обитания человека, оценки доз облучения и интерпретации полученных результатов.

Государственный санитарный надзор по разделу радиационной гигиены проводится:

- структурными подразделениями ЦГЭ по радиационной гигиене,
- врачами-гигиенистами из числа сотрудников отдела гигиены,
- специалистами подразделений (групп) радиационного контроля лабораторных отделов.

Основными задачами госнадзора по разделу радиационной гигиены являются:

- надзор за соблюдением законодательства в области обеспечения радиационной безопасности;
- подготовка и внесение в установленном порядке в соответствующие государственные органы управления предложений по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия в области радиационной безопасности;
- реализация мер по профилактике заболеваний путем предупреждения, обнаружения и пресечения нарушения санитарно-эпидемиологического законодательства в области обеспечения радиационной безопасности;

- осуществление государственной санитарно-гигиенического экспертизы по вопросам радиационной гигиены;
- государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование в области обеспечения радиационной безопасности;
- рассмотрение в установленном порядке вопросов охраны здоровья населения в связи с воздействием на человека ионизирующего излучения;
- организация и проведение радиационно-гигиенического мониторинга за содержанием радионуклидов в пищевых продуктах, питьевой воде, других объектах среды обитания человека;
- информирование населения о радиационной обстановке и мерах по обеспечению радиационной безопасности;
- участие в мероприятиях отраслевой системы ГСЧС и ГО.

Лабораторная работа

РАСЧЕТ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ И ОНКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ, ПРОЖИВАЮЩЕГО НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВСЛЕДСТВИЕ АВАРИИ НА ЧАЭС, С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ RESRAD-ONSITE

В ходе выполнения лабораторной работы необходимо освоить: методику расчета доз и онкологических рисков с помощью программы RESRAD-ONSITE, а также **выполнить**:

- расчет дозовых нагрузок для населения за счет внешнего облучения;
- расчет дозовых нагрузок для населения за счет внутреннего облучения;
- прогноз пожизненных онкологических рисков.

Ход работы. Расчет доз и онкологических рисков с помощью программы RESRAD-ONSITE осуществляется с учетом радиоэкологической обстановки и с использованием значений параметров, установленных пользователем. В программе предусмотрен выбор следующих путей воздействия для расчетов дозовых нагрузок:

- Внешнее облучение от находящихся в почве радионуклидов;
- Внутреннее облучение за счет ингаляционного поступления радионуклидов;
- Внутреннее облучение от случайного попадания радионуклидов почвы в ЖКТ (например, с продуктами питания);
- Внутреннее облучение по пищевым цепочкам (потребление растительных продуктов, выращенных на загрязненной почве, употребление молока и молочных продуктов, а также мясных изделий);
- Употребление загрязненной питьевой воды из скважины или открытых водоемов, прилегающих к зараженному участку;
- Потребление продуктов из загрязненного водоема;
- Вдыхание радона, испускаемого загрязненной почвой.

Исходная информация, необходимая для расчета, включает характеристики загрязнения, свойства почвы, метеорологические, гидрологические и гидрогеологические данные, а также схему облучения объекта.

Моделирование с помощью RESRAD-ONSITE предусматривает радиологический распад, а также накопление и перенос нуклидов в окружающей среде, разделение и разбавление, которые регулируются принципом сохранения массы с течением времени. По существу, все исходные параметры, используемые для расчета, могут быть указаны пользователем; поэтому пользователь может контролировать уровень консервативности каждого расчета и применять программу RESRAD-ONSITE для скрининга.

ВНИМАНИЕ! Для корректной работы программы Resrad необходимо убедиться, что дата/время и математические параметры переключены на американскую метрическую систему. Для этого необходимо зайти в раздел: «Пуск» – «Панель управления» – «Часы, язык, регион» – «Изменение форматов даты, времени и чисел» (Язык и региональные стандарты). Затем на вкладке «Форматы» выбрать в выпадающем меню формат «Английский (США)»

Исходные данные по загрязнению территории предоставляются ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» в виде таблиц формата Excel. В этой таблице указывается точная информация о населенном пункте (название, статус, область, район, сельсовет) и площадная активность нуклида в нем (табл. 11).

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ К ЗАДАНИЯМ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Таблица 11

Площадная активность Sr-90 в населенных пунктах Гомельской области

Область	Район	Сельсовет	Статус	Название н. п.	A_{Sr-90} , Ки/км ²
Гомельская	Брагинский	Асаревичский	Деревня	Асаревичи	0,52
Гомельская	Брагинский	Остроглядовский	Деревня	Бакуны	1,18
Гомельская	Брагинский	Новоолчанский	Деревня	Березки	0,78
Гомельская	Брагинский	Маложинский	Деревня	Бересневка	0,59

Перед началом прогнозирования площадную активность радионуклидов необходимо перевести в дозу. Для этого используется формула Гавшина:

$$P = A \cdot d \cdot h \cdot 107,$$

где P — площадная активность в Ки/км²;

A — дозовая нагрузка, пКи/г;

d — объемный вес пробы, г/см³;

h — глубина ячейки параллелепипеда отбираемой пробы, см.

Так как величины d и h являются постоянными, то формулу можно максимально упростить: для перехода от площадной активности к дозе необходимо величину активности умножить на 3,7.

После этого необходимо открыть программу Resrsad. По завершению загрузки программы появится приветственное окно, закрыть которое можно, нажав клавишу ОК (рис. 22).



Рис. 22. Приветственное окно программы Resrad Onsite. Стрелкой обозначена кнопка начала работы

Для корректной работы программы производятся стартовые настройки: площадь загрязнения населенного пункта $150\,000\text{ м}^2$ для деревни и $2\,000\,000\text{ м}^2$ для города; плотность почвы загрязненного слоя — $1,35\text{ г/см}^3$; потребление овощей и картофеля — 163 кг/год ; потребление молочных продуктов — 260 кг/год ; потребление мяса — 91 кг/год . Для загрузки готовых настроек можно нажать на клавиатуре сочетание клавиш $\text{Ctrl}+\text{O}$ латинской раскладки или $\text{Ctrl}+\text{Щ}$ русской раскладки. В открывшемся окне выбрать файл НАСТРОЙКА.RAD и двойным щелчком левой клавиши мыши открыть его. Далее необходимо нажать клавишу «Modify Data» (левая часть диалогового окна), а в новом диалоговом окне — кнопку «Contaminated Zone» (рис. 23).

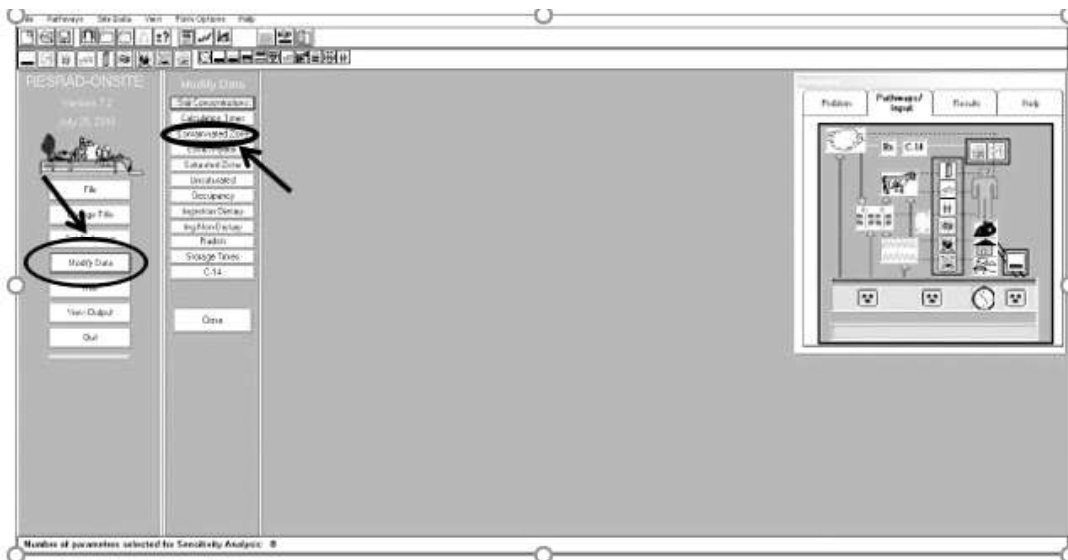


Рис. 23. Последовательный выбор пунктов «Modify Data»-«Contaminated Zone» для редактирования параметров загрязнения территории

В открывшемся окне необходимо изменить параметр глубины залегания радионуклида (вторая строчка, «Thickness of contaminated zone»). Для Цезия-137 необходимо установить параметр 0,2 метра, для Sr-90 1,5 метра (рис. 24).

ВНИМАНИЕ! Ввод данных необходимо производить при английской раскладке клавиатуры! Разделителем десятичных знаков является точка! По умолчанию ноль перед точкой не вводится.

В поле «Area of contaminated zone» необходимо ввести соответствующий данному типу населенного пункта площадь загрязнения согласно представленным выше данным. После изменения параметра глубины залегания необходимо нажать клавишу Save.

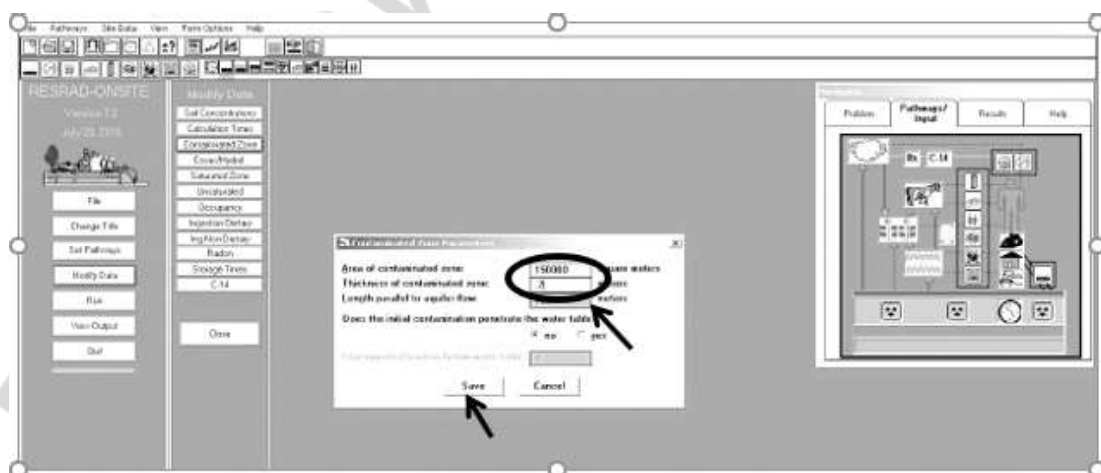


Рис. 24. Редактирование параметров глубины залегания нуклида и площади загрязнения

Следующий этап настройки — временные рамки (рис. 25).

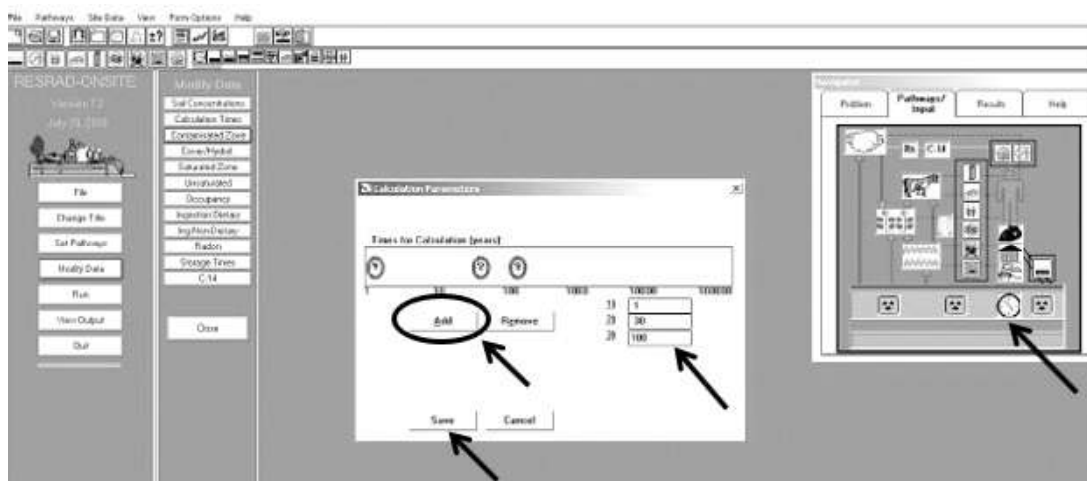


Рис. 25. Этап настройки

Принимается решение о том, на какой отрезок или отрезки времени нужно составить прогноз. Для этого следует нажать левой клавишей мыши на рисунок часов в правой части экрана. В появившемся диалоговом окне можно выставить параметры времени в годах. При нажатии кнопки Add можно добавить еще один или несколько параметров расчета во времени. Например, врача интересует радиоэкологическая ситуация в городе N через 1, 30 и 100 лет. Для этого необходимо вписать в диалоговое окно цифру 1, нажать клавишу Add и вписать цифру 30, вновь нажать клавишу Add и вписать цифру 100. Удаление производится стиранием ненужного числового значения или нажатием кнопки «Remove» при нахождении курсора на этом значении. После редактирования необходимо нажать клавишу Save.

На этом настройка программы завершена. Для выполнения прогноза необходимо левой клавишей мыши нажать на желто-черный значок радиационной опасности (любой из трех в правой части экрана, рис. 26). В появившемся диалоговом окне из списка справа выбрать интересующий вас нуклид двойным нажатием левой клавиши мыши. Нуклид можно и удалить из выбранных. Для этого однократно нажмите на него левой клавишей мыши в левой части диалогового окна, а затем в центральной части этого же окна - клавишу Delete Nuclide. После выбора нужного нуклида необходимо ввести его активность в центральной строке (pCi/g) и щелкнуть по нуклиду правой клавишей мыши. Результат обновится автоматически.

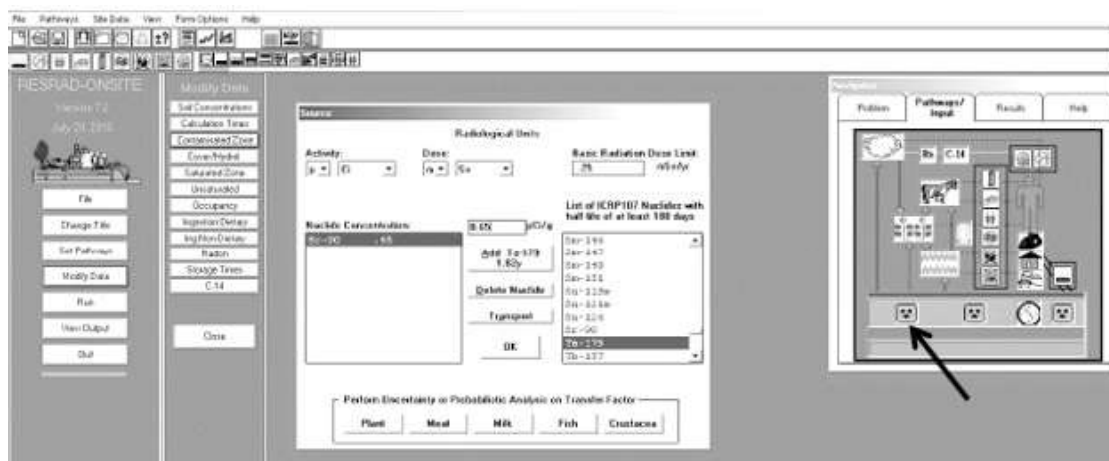


Рис. 26. Ввод данных по активности радионуклида в почве

Возможностями программы предусмотрено выполнение прогноза по нескольким нуклидам одновременно. Второй и последующие нуклиды добавляются аналогично первому. В завершении нажимается клавиша ОК.

После введения исходных параметров для начала выполнения прогноза нажимается клавиша «Run» в левой части экрана. После окончания расчетов появится окно с подробной информацией о прогнозе на нескольких страницах. Наглядную графическую информацию можно найти, если нажать на вкладку «Results», а затем на кнопку «Standard Graphics» (рис. 27).

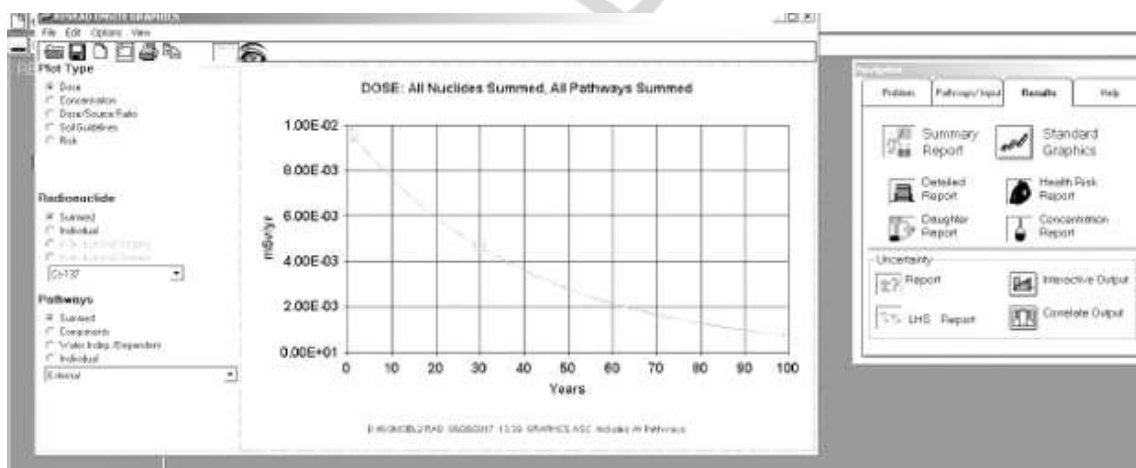


Рис. 27. Просмотр результатов в графической форме

Графическую информацию можно отображать по желаемым компонентам (рис. 28).

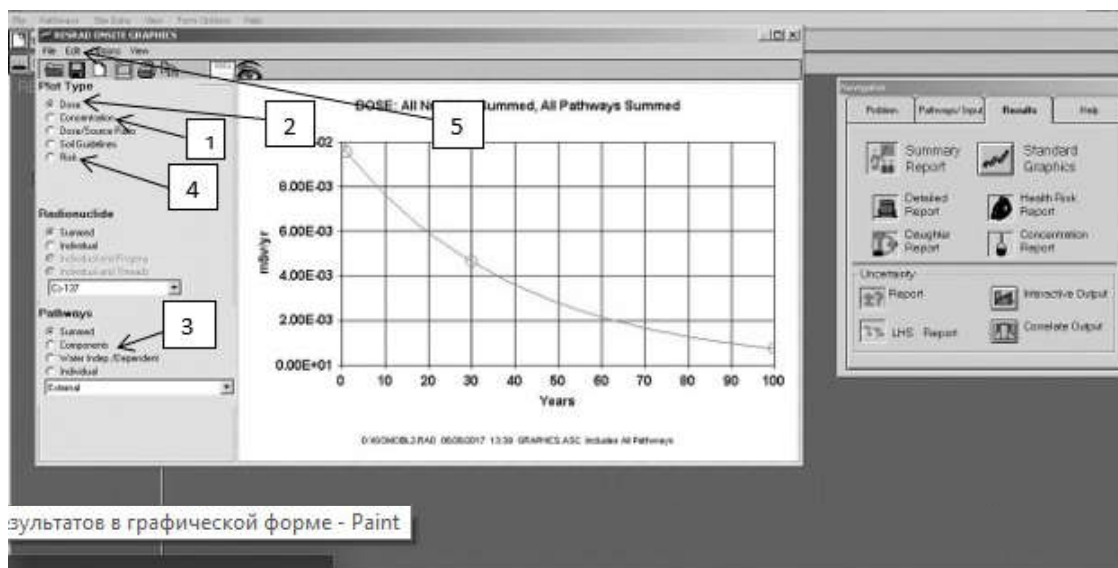


Рис. 28. Выбор вариантов просмотра графической информации.

Если выбрать режим «Concentration» (1), то программа отобразит изменение активности радионуклида во времени, при выборе режима «Dose» (2) будет показан график изменения дозовых нагрузок, в режиме «Risk» (4) — онкологические риски облучения. Для отображения отдельных компонентов дозовой нагрузки необходимо в разделе «Pathways» выбрать соответствующий параметр: Components (3) — идет отображение дозовых нагрузок за счет внешнего и компонентов внутреннего облучения. В режиме Risk (4) при этом отображаются пожизненные риски развития онкологических заболеваний у населения от различных компонентов облучения. В режиме «Pathways»-«Individual» можно посмотреть прогноз дозовых нагрузок и рисков облучения по отдельным компонентам (путям) дозовой нагрузки. Данные, представленные графически, можно сохранить в виде таблицы MS Excel при выборе меню «Edit»(5) — «Export to Excel».

Стоит отметить, что любой график можно экспортировать в программу MS Excel. Таблицы кроме прогнозируемых годов имеют множество промежуточных значений, которые при отсутствии в них необходимости можно удалять из таблицы. В итоге прогноза должно получиться 3 таблицы. Таблица №1 из графика Concentration содержит данные о суммарной дозе. Таблица №2 из графика Dose/Components содержит данные о дозе внешнего облучения (External), а также внутреннего облучения за счет молочных продуктов (Milk), мясных продуктов (Meat) и растительных продуктов (Plant). Таблица №3 из графика Risk показывает пожизненные риски развития онкологических заболеваний.

Задания для самостоятельной работы. По данным таблицы, отражающей загрязнение населенных пунктов, выполнить следующие действия:

Вариант 1. Выполнить прогноз дозовых нагрузок для жителей г. п. Брагин на 2046 и 2076 годы за счет внешнего облучения по Cs-137.

Вариант 2. Выполнить прогноз пожизненных онкологических рисков для жителей г. п. Дублин на 2046 и 2076 годы по Cs-137.

Вариант 3. Выполнить прогноз дозы по отдельным компонентам внутреннего облучения на 2046 год для жителей г. п. Брагин за счет Sr-90.

Вопросы для самоконтроля усвоения темы

1. Радиационный мониторинг проводится с целью:

- а) наблюдения за естественным радиационным фоном;
- б) оценки доз облучения за счет медицинских исследований;
- в) нормирования и стандартизации в области экологического права;
- г) создания реестра индивидуальных доз облучения населения;
- д) выработки подхода к оценке доз облучения персонала БелАЭС.

2. Государственный санитарный надзор по разделу радиационной гигиены проводится:

- а) любыми структурными подразделениями ЦГЭ;
- б) Республиканским центром по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды;
- в) Госатомнадзором;
- г) врачами-гигиенистами из числа сотрудников отдела гигиены;
- д) министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды.

3. Основными задачами государственного санитарного надзора по разделу радиационной гигиены являются:

- а) рассмотрение в установленном порядке вопросов охраны природных сред от радиоактивного загрязнения;
- б) государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование в области обеспечения радиационной безопасности;
- в) проведение биологического мониторинга за радиоактивным загрязнением среды обитания человека;
- г) создание зональных центров радиационно-гигиенического мониторинга;
- д) привлечение лиц к ответственности за нарушение радиационного законодательства.

4. Для выполнения расчетов в программе Resrad используется значение:

- а) площадной активности, в пКи/м²;
- б) площадной активности в Ки/км²;
- в) удельной активности, в пКи/г;
- г) годовой эффективной дозы в мЗв/год;
- д) годовой эффективной дозы в Зв/год.

5. В программе Resrad невозможно рассчитать:

- а) дозу внешнего облучения;
- б) дозу внутреннего облучения за счет перорального поступления радионуклидов;
- в) суммарную годовую эффективную дозу;
- г) дозу облучения от попавших на кожу радионуклидов;
- д) дозу внутреннего облучения за счет ингаляционного поступления радионуклидов.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Ильин, Л. А. Радиационная гигиена : учеб. / Л. А. Ильин, В. Ф. Кириллов, И. П. Коренков. Москва : ГЕОТАР-Медиа, 2010. 282–354, 375–380.

Дополнительная

2. Радиационная и экологическая медицина. Лабораторный практикум / под ред. А. Н. Стожарова. Минск : ИВЦ Минфина, 2012. 184 с.

Нормативные документы

3. Санитарные нормы и правила «Требования к обеспечению радиационной безопасности при проведении работ в зонах радиоактивного загрязнения» (утв. Постановлением МЗ РБ №89 от 02.07.2015).

4. Санитарные нормы и правила «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии и источников ионизирующего излучения», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 31.12.2013 № 137. Гл. 1–7, 9–12, 14, прил. 1–10.

5. Санитарные нормы и правила «Требования к радиационной безопасности», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 № 213.

6. Гигиенический норматив «Критерии оценки радиационного воздействия», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 № 213. Прил. 1, 5, 15, 17, 19-21.

Глава 13

ОЦЕНКА ИЗБЫТОЧНОГО ПОЖИЗНЕННОГО РАДИАЦИОННОГО РИСКА СРЕДИ РАЗЛИЧНЫХ КАТЕГОРИЙ НАСЕЛЕНИЯ

Цель изучения: обучение навыкам расчета и оценки популяционного избыточного пожизненного риска онкологической заболеваемости, связанной с длительным равномерным облучением тела в малых дозах от техногенных источников ионизирующего излучения с постоянной или изменяющейся во времени средней годовой дозой облучения населения, проживающего на

территориях с повышенным вследствие аварии на ЧАЭС уровнем радиоактивного загрязнения.

В последние годы в практике работы органов государственного санитарного надзора одним из эффективных инструментов для принятия решений по результатам анализа влияния факторов среды обитания, результативным способом оценки и анализа информации стала методология оценки риска. Утрата здоровья, рост заболеваемости вследствие неблагоприятной экологической обстановки, наносит существенный ущерб бюджету страны. С ростом заболеваемости возрастает объем затрат на медицинское обслуживание (в стационарах и амбулаторно), выплат в связи с временной утратой трудоспособности или в связи с необходимостью осуществления ухода за заболевшим членом семьи, а также экономический ущерб из-за недополучения прибыли в связи с временной утратой трудоспособности экономически активного населения.

Понятие «риск» широко используется в различных сферах деятельности людей, в том числе в сфере использования источников ионизирующих излучений, и означает вероятность наступления нежелательных последствий вследствие воздействия какого-либо фактора. Выделяют риски индивидуальные, выражающиеся в наличии вероятности возникновения вредных эффектов у человека или его потомства, и популяционные (сумма индивидуальных рисков для всех лиц, составляющих популяцию). В основе обеспечения безопасности (в том числе и радиационной) персонала и населения лежат величины приемлемого риска.

Приемлемый риск сочетает в себе технические, экономические, социальные и политические аспекты и представляет некоторый компромисс между уровнем безопасности и возможностями ее достижения. Прежде всего, нужно иметь в виду, что экономические возможности повышения безопасности технических систем безграничны. Затрачивая чрезмерные средства на повышение безопасности в какой-либо одной сфере, можно нанести ущерб другой.

Таким образом, управление рисками при выявлении или прогнозировании неблагоприятного результата воздействия факторов окружающей среды на состояние здоровья населения является эффективным механизмом контрольно-надзорной деятельности и служит важным методом регулирования всех видов деятельности, отвечая интересам защиты здоровья населения от неблагоприятного воздействия факторов окружающей среды, а также способствует снижению экономического ущерба, наносимого ростом заболеваемости. «Вред» — понятие, применяемое для обозначения клинически наблюдаемых вредных эффектов, которые проявляются у индивидуумов (соматические эффекты) и их потомков (наследуемые эффекты). «Ущерб» — это сложное понятие, сочетающее вероятность, степень тяжести эффекта и время его проявления. Его трудно представить с помощью одной переменной величины. Между тем, проблема оценки возможного влияния большого

числа различных вредных факторов на здоровье населения в сопоставимых единицах является актуальной. В рамках социально-гигиенического мониторинга оценка влияния факторов окружающей среды на здоровье населения осуществляется по величине риска.

Оценка риска для здоровья населения помогает в решении научно-исследовательских и практических задач в области гигиены, медицины труда, токсикологии, эпидемиологии и экологии, с целью установления причинно-следственных связей между уровнями воздействия факторов среды обитания и состоянием здоровья населения.

Риск для здоровья характеризует собой вероятность развития у населения неблагоприятных для здоровья эффектов в результате реального или потенциального загрязнения окружающей среды и выражается в виде:

- математической вероятности развития определенного неблагоприятного эффекта (индивидуальный риск);
- ожидаемого числа случаев развития соответствующих эффектов среди населения или его части (популяционный риск).

Анализ риска — процесс оценки органами и учреждениями, осуществляющими государственный санитарный надзор, государственными органами и иными государственными организациями, осуществляющими ведомственный контроль в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения, медицинскими научными организациями общедоступной информации для выявления (обнаружения) и оценки рисков в целях принятия мер по предупреждению и минимизации этих рисков (управление рисками), а также в целях информирования в установленном порядке о наличии рисков.

Оценка риска осуществляется в соответствии с полной (базовой) и/или сокращенной схемами.

Полная (базовая) схема оценки риска предусматривает проведение четырех этапов:

- 1) идентификация опасности;
- 2) оценка экспозиции;
- 3) оценка зависимости «доза-ответ»;
- 4) характеристика риска.

Сокращенная схема применяется при скрининге и может быть ограничена одним или несколькими этапами. Скрининг проводится для уточнения задач исследований, а также экспресс-оценки конкретной санитарно-эпидемиологической ситуации.

Все методы, используемые для анализа и оценки рисков, можно условно разделить на качественные и количественные

В органе по оценке риска проводится два основных вида работ по оценке риска:

– оценка риска для здоровья населения от воздействия факторов окружающей среды;

– оценка риска для здоровья работающих от воздействия факторов рабочей среды и трудового процесса (профессиональный риск).

В условиях нормальной эксплуатации источников ионизирующего излучения пределы доз облучения в течение года устанавливаются исходя из следующих значений индивидуального пожизненного риска: для персонала — $1,0 \cdot 10^{-3}$, для населения — $5,0 \cdot 10^{-5}$. Уровень пренебрежимо малого риска разделяет область оптимизации риска и область безусловно приемлемого риска и составляет 10^{-6} [8].

Количественная связь между эффективной дозой облучения и величиной риска обеспечивается путем введения коэффициентов номинального радиационного риска [9]. Однако использование этих коэффициентов ограничено областью радиационной защиты при ее оптимизации. Использование данных коэффициентов риска, как и величины эффективной дозы, для прогнозных оценок недопустимо для популяций с конкретным половозрастным составом населения и конкретным набором параметров, характеризующих заболеваемость и смертность.

Оценка радиационного риска у населения за счет длительного равномерного техногенного облучения в малых дозах представляет интерес для варианта облучения в течение года и за период в несколько лет. Облучение может происходить как с равномерным облучением всех органов и тканей человека, так и с существенной неравномерностью их облучения. Каждый такой случай требует развития отдельных методик.

Методика оценки радиационного риска для ситуации равномерного¹ облучения населения [10] может рассматриваться как инструмент для выполнения количественной оценки риска для населения, проживающего на территориях, загрязненных вследствие аварии на ЧАЭС.

Методика не применяется для ситуаций:

- 1) Облучения пациентов, персонала и населения при использовании ИИИ в медицине с целью диагностики и лечения;
- 2) Облучения связанного с воздействием природных ИИИ;
- 3) Облучения персонала, состоящего на ИДК;
- 4) Облучения в больших дозах и/или с большой мощностью дозы;

¹ Под равномерным облучением тела подразумевается внешнее и внутреннее облучение, при котором органы и ткани получают примерно равные поглощенные дозы, например, при проживании на территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению в результате аварии на ЧАЭС.

5) Неравномерного облучения, связанного с поступлением в организм радионуклидов, неравномерно распределяющихся по телу.

Исследования по оценке риска могут иметь различную временную направленность:

– **ретроспективные** исследования ставят своей целью оценку риска, обусловленного предшествующими воздействиями фактора (облучение населения, проживавшего на рассматриваемой территории в течение ряда лет в любой период с 1987 г.);

– **текущая оценка** риска связана с существующей на момент исследования ситуацией (облучение населения в течение года);

– **проспективная** (прогнозная) оценка риска характеризует уровни риска, которые, вероятно, будут наблюдаться через определенный, заданный период времени при конкретном сценарии воздействия (облучение населения — фиксированная когорта, исходя из предположения дальнейшего проживания на рассматриваемой территории в течение ряда лет).

Количественные показатели пожизненного популяционного избыточного радиационного риска могут использоваться для сравнительной оценки рисков и выявления причин повышенной заболеваемости злокачественными новообразованиями при одновременном воздействии на население различных вредных факторов среды обитания

Количественной мерой воздействия радиационного фактора на человека является средняя годовая эффективная доза (СГЭД) внешнего и внутреннего облучения жителей за счет ^{137}Cs , содержащегося в почве и в пищевых продуктах. Доза, обусловленная природным (фоновым) облучением, не учитывается.

Оценка риска может осуществляться для следующих групп облучаемого населения:

- 1) дети в возрасте 0–14 лет;
- 2) подростки 15–17 лет;
- 3) дети и подростки 0–17 лет;
- 4) взрослое население от 18 лет и старше;
- 5) все население в возрасте 0–85 лет и старше.

Лабораторная работа

Оценка популяционного избыточного пожизненного риска онкологической заболеваемости населения, проживающего на территориях, загрязненных вследствие аварии на ЧАЭС и получающего длительное облучение тела в малых дозах

В ходе выполнения лабораторной работы необходимо **освоить** процедуру расчета пожизненного риска онкологической заболеваемости, связанной с

облучением тела в малых дозах от техногенных источников ионизирующего излучения, у населения, проживающего на территориях, загрязненных вследствие аварии на ЧАЭС и получающего длительное облучение тела в малых дозах, а также **выполнить** расчет и оценку пожизненного риска онкологической заболеваемости за счет воздействия внешнего и внутреннего облучения, вызванного последствиями аварии на ЧАЭС; вычислить количество злокачественных новообразований (ЗНО), которые могут возникнуть в заданной популяции в течение предстоящей жизни по той же причине.

Методика расчета:

Популяционная оценка возможных последствий облучения производится как для населения в целом, так и для отдельных групп населения.

В оценках радиационного риска для конкретной группы населения используются данные о численности данной возрастной группы на том административном уровне, для которого производится такая оценка.

Информацию о половозрастной структуре населения следует брать только из официальных данных.

Оценка риска возникновения ЗНО у населения, проживающего на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, производится по величине СГЭД².

$$\text{Риск} = \text{СГЭД (Зв)} \cdot \text{Коэффициент риска}^3 \quad (1)$$

Количество дополнительных случаев заболевания ЗНО в рассматриваемой возрастной группе в течение предстоящей жизни вычисляется путем умножения значения Риска на Общую численность населения данной территории.

$$\text{Кол-во ЗНО} = \text{Численность населения} \cdot \text{Риск} \quad (2)$$

Для случаев, когда данные о численности какой-либо возрастной группы отсутствуют, при расчете используют коэффициент, отражающий долю данной возрастной группы в структуре населения региона

$$\text{Кол-во ЗНО} = \text{численность населения} \cdot \text{доля населения}^4 \cdot \text{риск} \quad (3)$$

² При отсутствии данных о средних дозах облучения населения в отдельных возрастных группах значения СГЭД принимаются одинаковыми для всего населения в пределах административно-территориальной единицы, для которой осуществляется оценка риска.

³ Расчет риска возникновения ЗНО для конкретной возрастной группы населения производится путем умножения средней величины СГЭД в течение периода облучения на соответствующий коэффициент риска из табл. 12.

⁴ Данные о доле численности возрастных групп в общей численности населения Республики Беларусь по состоянию на начало 2019 года приведено в табл. 13

1. Ретроспективная оценка. При ретроспективной оценке производится расчет только дополнительного числа случаев ЗНО, обусловленных облучением за предшествующий период (с 1987 года) с учетом изменения общей численности населения (включая рождаемость, смертность, миграцию) и величины СГЭД в разные годы рассматриваемого периода, без оценки риска как такового.

$$\text{Количество ЗНО} = \sum_{i=1} \text{Риск}_i \cdot \text{Численность населения}_i \quad (4)$$

2. Оценка текущей ситуации. Для лиц, проживавших на данной территории на начало календарного года, оцениваются популяционные риски и число дополнительных случаев ЗНО только за счет облучения в течение одного года.

В данном варианте анализа имеется возможность оценить пожизненный риск возникновения дополнительных случаев ЗНО для лиц, относящихся к конкретной возрастной группе, за счет облучения в рассматриваемом году, а также рассчитать возможное число дополнительных случаев ЗНО для заданной возрастной группы.

3. Прогнозная оценка. Возможные последствия облучения всего населения или фиксированной когорты оцениваются исходя из предположения, что на протяжении всего времени дальнейшего проживания на рассматриваемой территории СГЭД не меняется. При этом может быть дана консервативная оценка риска и ожидаемого числа дополнительных случаев ЗНО.

При проведении прогнозной оценки и оценки текущей ситуации расчеты проводятся с использованием формул 1–4.

Оценка стохастических эффектов, главным образом канцерогенных, в настоящее время базируется на линейной беспороговой концепции (ЛБК) и осуществляется путем линейной экстраполяции реально наблюдаемых в эксперименте или в эпидемиологических исследованиях зависимостей в область малых доз и нулевого канцерогенного риска. Считают, что ИИ независимо от дозы и мощности дозы являются абсолютно вредным фактором. Облучение в любой дозе, отличной от нуля, связано с риском возможного канцерогенного действия, проявляющегося в отдаленные сроки после облучения.

Цель оценки риска развития стохастических эффектов от облучения в эффективном управлении рисками и контроль рисков, а именно, определении необходимого и достаточного уровня воздействия на риск с целью его снижения с последующей оценкой результата воздействия (рис. 29).



Рис. 29. Процесс управления рисками

В настоящее время для прогнозирования рисков ожидаемых канцерогенных эффектов по окончании их латентного периода и пожизненного риска стохастических эффектов используют две модели: абсолютного (аддитивного) риска и относительного (мультипликативного) риска [1].

Для любых практических оценок наиболее существенным понятием является «коэффициент риска», используемый в общем смысле для обозначения риска на единицу дозы (риск на 1 Гр в случае поглощенной дозы или риск на 1 Зв в случае эффективной или эквивалентной дозы).

Количественная связь между эффективной дозой облучения и величиной риска в области радиационной защиты при ее оптимизации обеспечивается путем введения коэффициентов номинального радиационного риска [7, 8]. Номинальные коэффициенты вероятности стохастических эффектов были даны в Публикации 60 МКРЗ, а затем корректировались. Согласно санитарным нормам и правилам «Требования к радиационной безопасности», утв. постановлением МЗ РБ от 28.12.2012 № 213, и в соответствии с общепринятой линейной беспороговой теорией зависимости риска стохастических эффектов от дозы, величина риска пропорциональна дозе излучения и связана с дозой через линейные коэффициенты радиационного риска, приведенные в приложении 6 Гигиенического норматива «Критерии оценки радиационного воздействия». При этом указанные коэффициенты номинального риска учитывают как вред рака, так и вред наследственных заболеваний для всех категорий облучаемых лиц.

Принятие решения об уровне воздействия на риск будет зависеть от его величины.

Приемлемый (минимальный) риск характеризуется фоновым уровнем онкологической заболеваемости населения. Данный риск не требует никаких дополнительных мероприятий и подлежит только периодическому контролю.

При **допустимом** (низком) уровне риска отмечается тенденция к росту фонового уровня заболеваемости. Данные уровни подлежат постоянному контролю. В некоторых случаях при таких уровнях риска могут проводиться дополнительные мероприятия по их снижению.

При **неприемлемом** (высоком) уровне риска отмечается достоверное превышение фонового уровня онкологической заболеваемости населения. Появление такого риска требует разработки и проведения плановых оздоровительных мероприятий. Планирование мероприятий по снижению рисков в этом случае должно основываться на результатах более углубленной оценки различных аспектов существующих проблем.

Для оценки приемлемости риска и обоснования необходимости защитных мероприятий можно использовать пункты 20-25 СанНиП «Требования к радиационной безопасности».

Уровень пренебрежимо малого риска разделяет область оптимизации риска и область безусловно приемлемого риска и составляет 10-6.

Снижение риска до возможно низкого уровня следует осуществлять с учетом двух обстоятельств:

предел риска регламентирует потенциальное облучение от всех возможных источников ионизирующего излучения, поэтому для каждого источника ионизирующего излучения при оптимизации устанавливается граница риска;

при снижении риска потенциального облучения существует минимальный уровень риска, ниже которого риск считается пренебрежимым и дальнейшее снижение риска нецелесообразно.

Ход работы:

– Рассчитать пожизненный риск онкологической заболеваемости детского населения (от 0 до 14 лет) в г. «Н» за счет воздействия внешнего и внутреннего облучения в течение 2019 г., вызванного последствиями аварии на Чернобыльской АЭС, если средняя индивидуальная годовая эффективная доза внешнего и внутреннего техногенного облучения у жителей г. «Н» в 2019 г. составляла 0,63 мЗв.

– Вычислить количество ЗНО, которые возникнут в течение предстоящей жизни у указанной части жителей г. «Н» по той же причине. Численность населения г. «Н» составляет 143038 человек.

При проведении оценки текущей ситуации используем формулу:

$$\text{Риск} = \text{СГЭД (Зв)} \cdot \text{Коэффициент риска}$$

Рассчитываем, используя значение СГЭД в Зв и значение коэффициента риска из табл 12:

$$\text{Риск} = 0,63 \cdot 0,001 \cdot 0,17 = 0,0001071 = 1,07 \cdot 10^{-4}$$

В связи с отсутствием данных о численности детского населения, при расчете количества ЗНО используем формулу:

$$\text{Кол-во ЗНО} = \text{риск} \cdot \text{численность населения} \cdot \text{доля населения}$$

Рассчитываем, используя информацию о доле детского населения из табл. 13:

$$\text{Кол-во ЗНО} = 0,0001071 \cdot 143038 \cdot 0,17 = 2,6 \gg 3 \text{ случая}$$

Вывод:

1. Уровень пожизненного риска онкологической заболеваемости детского населения (от 0 до 14 лет) в г. «Н» за счет воздействия внешнего и внутреннего облучения в течение 2019 г. составляет $1,07 \cdot 10^{-4}$, что соответствует допустимому уровню, данный уровень риска подлежит постоянному контролю. Риск развития злокачественных новообразований у данной категории лиц выше уровня обобщенного граничного риска для населения $1,0 \cdot 10^{-5}$ (п. 24 СанНиП «Требования к радиационной безопасности»), следовательно, необходимо внедрение комплекса мероприятий по снижению дозовых нагрузок.

2. Три случая ЗНО возникнут в течение предстоящей жизни у указанной части жителей г. «Н» по причине воздействия внешнего и внутреннего облучения в течение 2019 г.

Справочная информация к заданиям для самостоятельной работы

Таблица 12

Коэффициенты избыточного пожизненного риска онкологической заболеваемости в расчете на 1 Зв равномерного техногенного облучения в течение заданного периода

Возрастная группа на начало облучения	Период облучения, лет								
	1	2	3	5	10	20	30	40	50
Дети 0–14 лет	0,17	0,33	0,48	0,77	1,42	2,47	3,26	3,85	4,25
Подростки 15–17 лет	0,12	0,24	0,35	0,57	1,07	1,88	2,49	2,91	3,15
Дети и подростки 0–17 лет	0,16	0,31	0,46	0,73	1,35	2,34	3,10	3,65	4,02
Взрослые от 18 лет и старше	0,06	0,12	0,18	0,28	0,51	0,85	1,04	1,14	1,17
Все население	0,08	0,16	0,23	0,37	0,67	1,12	1,42	1,61	1,70

Доля численности населения возрастных групп в общей численности населения для Республики Беларусь (по состоянию на начало 2019 года)

Группа	Доля населения
Дети 0–14 лет	0,17
Подростки 15–17 лет	0,03
Дети и подростки 0–17 лет	0,20
Взрослые от 18 лет и старше	0,80
Все население	1,00

Задания для самостоятельной работы:

1. Рассчитать и оценить пожизненный риск онкологической заболеваемости детского и подросткового населения (от 0 до 17 лет) в г. «М» за счет воздействия внешнего и внутреннего облучения в течение 2019 г., вызванного последствиями аварии на Чернобыльской АЭС, если средняя индивидуальная годовая эффективная доза внешнего и внутреннего техногенного облучения у жителей г. «М» в 2019 г. составляла 0,58 мЗв.

Вычислить количество ЗНО, которые возникнут в течение предстоящей жизни у указанной части жителей г. «М» по той же причине. Численность населения г. «Н» составляет 143038 человек.

2. Рассчитать и оценить пожизненный риск онкологической заболеваемости населения (все население) в г. «А» за счет воздействия внешнего и внутреннего облучения в течение 2019 г., вызванного последствиями аварии на Чернобыльской АЭС, если средняя индивидуальная годовая эффективная доза внешнего и внутреннего техногенного облучения у жителей г. «А» в 2019 г. составляла 0,65 мЗв.

Вычислить количество ЗНО, которые возникнут в течение предстоящей жизни у указанной части жителей г. «А» по той же причине. Численность населения г. «А» составляет 83069 человек.

3. Рассчитать и оценить пожизненный риск онкологической заболеваемости взрослого населения (от 18 лет и старше) в г. «Н» за счет воздействия внешнего и внутреннего облучения в течение 2019 г., вызванного последствиями аварии на Чернобыльской АЭС, если средняя индивидуальная годовая эффективная доза внешнего и внутреннего техногенного облучения у жителей г. «Н» в 2019 г. составляла 0,52 мЗв.

Вычислить количество ЗНО, которые возникнут в течение предстоящей жизни у указанной части жителей г. «Н» по той же причине. Численность населения г. «Н» составляет 67025 человек.

4. Рассчитать и оценить пожизненный риск онкологической заболеваемости детского населения (от 0 до 14 лет) в г. «Б» за счет воздействия внешнего и внутреннего облучения в течение 2019 г., вызванного последствиями аварии на Чернобыльской АЭС, если средняя индивидуальная годовая эф-

эффективная доза внешнего и внутреннего техногенного облучения у жителей г. «Б» в 2019 г. составляла 0,57 мЗв.

Вычислить количество ЗНО, которые возникнут в течение предстоящей жизни у указанной части жителей г. «Б» по той же причине. Численность населения г. «Б» составляет 123625 человек.

5. Рассчитать и оценить пожизненный риск онкологической заболеваемости взрослого населения (от 18 лет и старше) в г. «Н» за счет воздействия внешнего и внутреннего облучения в течение 2019 г., вызванного последствиями аварии на Чернобыльской АЭС, если средняя индивидуальная годовая эффективная доза внешнего и внутреннего техногенного облучения у жителей г. «Н» в 2019 г. составляла 0,71 мЗв.

Вычислить количество ЗНО, которые возникнут в течение предстоящей жизни у указанной части жителей г. «Н» по той же причине. Численность населения г. «Н» составляет 143038 человек.

6. Рассчитать и оценить пожизненный риск онкологической заболеваемости взрослого населения (от 18 лет и старше) в г. «Б» за счет воздействия внешнего и внутреннего облучения в течение 2019 г., вызванного последствиями аварии на Чернобыльской АЭС, если средняя индивидуальная годовая эффективная доза внешнего и внутреннего техногенного облучения у жителей г. «Б» в 2019 г. составляла 0,57 мЗв.

Вычислить количество ЗНО, которые возникнут в течение предстоящей жизни у указанной части жителей г. «Б» по той же причине. Численность населения г. «Б» составляет 123625 человек.

7. Рассчитать и оценить пожизненный риск онкологической заболеваемости детского населения (от 0 до 14 лет) в г. «А» за счет воздействия внешнего и внутреннего облучения в течение 2019 г., вызванного последствиями аварии на Чернобыльской АЭС, если средняя индивидуальная годовая эффективная доза внешнего и внутреннего техногенного облучения у жителей г. «А» в 2019 г. составляла 0,65 мЗв.

Вычислить количество ЗНО, которые возникнут в течение предстоящей жизни у указанной части жителей г. «А» по той же причине. Численность населения г. «А» составляет 83069 человек.

8. Рассчитать и оценить пожизненный риск онкологической заболеваемости населения (все население) в г. «Б» за счет воздействия внешнего и внутреннего облучения в течение 2019 г., вызванного последствиями аварии на Чернобыльской АЭС, если средняя индивидуальная годовая эффективная доза внешнего и внутреннего техногенного облучения у жителей г. «Б» в 2019 г. составляла 0,57 мЗв.

Вычислить количество ЗНО, которые возникнут в течение предстоящей жизни у указанной части жителей г. «Б» по той же причине. Численность населения г. «Б» составляет 123625 человек.

Вопросы для самоконтроля усвоения темы

1. Обязательными этапами оценки риска воздействия вредных факторов на здоровье человека являются:

- а) идентификация опасности;
- б) классификация риска;
- в) элиминация загрязнителей;
- г) оценка зависимости «доза–риск»;
- д) устранение опасности.

2. Приемлемым уровнем риска, при котором не требуется принятия дополнительных мер по его снижению, считается уровень ниже:

- а) 10^{-1} ;
- б) 10^{-2} ;
- в) 10^{-3} ;
- г) 10^{-4} ;
- д) 10^{-6} .

3. Методика оценки радиационного риска у населения применяется для ситуаций:

- а) облучения связанного с воздействием природных ИИИ;
- б) облучения персонала, состоящего на ИДК;
- в) неравномерного облучения, связанного с поступлением в организм радионуклидов, неравномерно распределяющихся по телу;
- г) облучения в больших дозах и/или с большой мощностью дозы;
- д) длительного техногенного равномерного облучения в малых дозах.

4. При ретроспективной оценке радиационного риска у населения:

- а) производится расчет только дополнительного числа случаев ЗНО, обусловленных облучением;
- б) оцениваются только популяционные риски;
- в) оцениваются как популяционные риски, так и число дополнительных случаев ЗНО;
- г) последствия облучения всего населения оцениваются исходя из предположения, что на протяжении всего времени проживания на рассматриваемой территории СГЭД не меняется;
- д) оценка риска связана с существующей на момент исследования радиационной ситуацией.

5. Граничный риск — это:

- а) значение, связанное с определенным источником, которое обеспечивает максимальный уровень защиты для людей, подвергающихся наибольшему риску от данного источника;
- б) значение, связанное с определенным источником, которое обеспечивает базовый уровень защиты для людей, подвергающихся наибольшему риску от данного источника;
- в) значение, связанное с определенным источником, которое обеспечивает максимальный уровень защиты для людей, подвергающихся наименьшему риску от данного источника;

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Ильин, Л. А.* Радиационная гигиена : учеб. / Л. А. Ильин, В. Ф. Кириллов, И. П. Коренков. Москва : ГЕОТАР-Медиа, 2010. 76–96.

Дополнительная

2 *Радиационно-гигиенический* и социально-гигиенический мониторинг в Республике Беларусь: учебно-методическое пособие / А. Н. Стожаров [и др.]. Минск : БГМУ, 2017. 20 с.

3. Сайт кафедры radbez.bsmu.by.

Нормативные документы

4. Закон Республики Беларусь от 18.06.2019 № 198-З «О радиационной безопасности».

5. Закон Республики Беларусь «Об использовании атомной энергии» № 426-З от 30.07.2008 г. с изменениями и дополнениями.

6. *Санитарные* нормы и правила «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии и источников ионизирующего излучения», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 31.12.2013 № 137.

7. *Санитарные* нормы и правила «Требования к радиационной безопасности», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 № 213.

8. *Гигиенический* норматив «Критерии оценки радиационного воздействия», утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 № 213. Прил. 6.

9. *Оценка* радиационного риска у населения за счет длительного равномерного техногенного облучения в малых дозах. Методические указания. МУ 2.1.10.3014-12. Москва: Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителя и благополучия человека, 2011. 26 с.

**ОТВЕТЫ К ВОПРОСАМ
ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ**

Глава 1: 1 — г; 2 — а; 3 — а; 4 — б; 5 — с.

Глава 2: 1 — б; 2 — б; 3 — г; 4 — г; 5 — а.

Глава 3: 1 — б; 2 — б; 3 — в; 4 — д; 5 — а.

Глава 4: 1 — б; 2 — д; 3 — б; 4 — а; 5 — в.

Глава 5: 1 — б; 2 — г; 3 — б; 4 — а; 5 — в.

Глава 6: 1 — а; 2 — д; 3 — б; 4 — а; 5 — в.

Глава 7: 1 — а; 2 — б; 3 — б; 4 — в; 5 — в.

Глава 8: 1 — а; 2 — б; 3 — б; 4 — в; 5 — в.

Глава 9: 1 — д; 2 — б; 3 — а; 4 — а; 5 — б.

Глава 10: 1 — а; 2 — с; 3 — б; 4 — в; 5 — б.

Глава 11: 1 — а; 2 — д; 3 — г; 4 — д; 5 — а.

Глава 12: 1 — б; 2 — а; 3 — б; 4 — г; 5 — в.

Глава 13: 1 — а; 2 — г; 3 — б; 4 — в; 5 — г.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Радиационная медицина* : учеб. пособие / Т. Б. Балтрукова [и др.]; под ред. С. С. Алексанина, А. Н. Гребенюка. Санкт-Петербург : Политехника сервис, 2013. Ч. 3 : Основы обеспечения радиационной безопасности. 151 с.
2. *Ильин, Л. А.* Радиационная гигиена : учеб. / Л. А. Ильин, В. Ф. Кириллов, И. П. Коренков. Москва : ГЕОТАР-Медиа, 2010. 384 с.
3. *Радиационная и экологическая медицина. Лабораторный практикум* : учеб. пособие для студ. учреждений высшего образования по мед. специальностям / А. Н. Стожаров [и др.] ; под ред. А. Н. Стожарова. Минск : Минфина, 2012. 184 с.
4. *Радиобиология, радиационная физиология и медицина* : словарь-справочник / В. И. Легеза [и др.]. 3-е изд., испр. и доп. Санкт-Петербург : Фолиант, 2017. 176 с.
5. *Радиационная медицина* : учеб. / А. Н. Стожаров [и др.] ; под ред. А. Н. Стожарова. Минск : Минфина, 2010. 208 с.
6. *Стожаров, А. Н.* Медицинская экология : учеб. пособие / А. Н. Стожаров. Минск : Выш. шк., 2007. С. 342–358.
7. *Радиационно-гигиенический и социально-гигиенический мониторинг в Республике Беларусь* : учеб.-метод. пособие / А. Н. Стожаров [и др.]. Минск : БГМУ, 2017. 20 с.
8. *UNSCEAR. Methodology for estimating human exposures due radioactive discharges.* UNSCEAR, 2016 Report. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2017. 133 p.
9. *UNSCEAR. Radiation exposures from electricity generation.* UNSCEAR, 2016 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2017. P. 135–240.
10. *Научные основы радиационной защиты в современной медицине* / М. И. Баллонов [и др.] ; под ред. профессора М. И. Баллонова. Санкт-Петербург : НИИРГ имени проф. П. В. Рамзаева, 2019. Т. 1 : Лучевая диагностика. 320 с.
11. *Кутьков, В. А.* Величины в радиационной защите и безопасности / В. А. Кутьков // АНРИ. 2007. № 3. С. 2–25.
12. *Обоснование инвестирования в строительство атомной электростанции в Республике Беларусь [Электронный ресурс].* Книга 11. Оценка воздействия на окружающую среду. 1588-ПЗ-ОИ4. Часть 8. Отчет об ОВОС. Часть 8.1. Описание АЭС. Пояснительная записка (редакция 06.07.2010 г.). Режим доступа: <https://belaes.by/ru/ekologiya.html>. Дата доступа : 28.10.2020.
13. *ГОСТ ISO/IEC 17043 2013.* Оценка соответствия. Основные требования к проведению проверки квалификации. 34 с.
14. *ГОСТ 8.638-2013.* Метрологическое обеспечение радиационного контроля. Основные положения. Москва : Стандартиформ, 2019. 11 с.
15. *ГОСТ ИСО/МЭК 17025 2009.* Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. 62 с.
16. *Об использовании атомной энергии* : закон Респ. Беларусь от 30.07.2008 № 426-З : в ред. законов Респ. Беларусь от 09.11.2009 № 53-З, от 22.12.2011 № 326-З.

17. *О правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС* : закон Респ. Беларусь от 26.05.2012 № 385-З.

18. *О радиационной безопасности* : закон Респ. Беларусь от 18.06.2019 № 198-З.

19. *О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения* : закон Респ. Беларусь от 07.01.2012 № 340-З : в ред. законов Республики Беларусь от 05.01.2016 № 355-З, от 30.06.2016 № 387-З.

20. *О единой государственной системе контроля и учета индивидуальных доз облучения* : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 17.06.1999 № 929 : в ред. постановлений Совмина от 27.12.2007 № 1840, от 04.05.2009 № 574.

21. *Публикация 103* Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ). Рекомендации Международной комиссии по радиационной защите от 2007 г. : пер. с англ / под общ. ред. М. Ф. Киселева, Н. К. Шандалы. Москва : Алана, 2009. 343 с.

22. *Санитарные нормы и правила «Требования к радиационной безопасности» и Гигиенический норматив «Критерии оценки радиационного воздействия»* : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 28.12.2012 № 213.

23. *Санитарные нормы и правила «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии и источников ионизирующего излучения»* : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 31.12.2013 № 137.

24. *О порядке установления и применения граничных доз облучения и референтных уровней* : приказ М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 31.08.2020 № 881.

25. *Санитарные нормы и правила «Гигиеническая классификация условий труда»* : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 28.12.2012 № 211.

26. *Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы «Гигиенические требования к проектированию и эксплуатации атомных электростанций»* : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь № 39 от 31.03.2010.

27. *Санитарные нормы и правила 2.6.1.13-55-2005 «Гигиенические требования к обеспечению радиационной безопасности при проведении радионуклидной диагностики»* : утв. постановлением Гл. гос. сан. врача Респ. Беларусь от 28.12.2005 г. № 273 с изм. и доп. : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 18 июня 2007 г. № 56.

28. *Санитарные нормы и правила 2.6.2.11-4-2005 «Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения»* : утв. постановлением Гл. гос. сан. врача Респ. Беларусь от 1 апреля 2005 г. № 36.

29. *Санитарные нормы и правила «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при обращении с радиоактивными отходами»* : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 31 декабря 2015 г. № 142.

30. *Нормы и правила по обеспечению ядерной и радиационной безопасности «Безопасность при обращении с источниками ионизирующего излучения»* : постановление М-ва по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь от 31.05.2010 № 22, от 21.08.2013 № 37.

31. *Оценка радиационного риска у населения за счет длительного равномерного техногенного облучения в малых дозах* : методические указания МУ 2.1.10.3014-12. Москва : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. 26 с.

32. *Работа органов и учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор, по разделу радиационной гигиены* : Инструкция 2.6.1.10-13-43-2006 : утв. постановлением Гл. гос. сан. врача Республики Беларусь от 22.11.2006 г. № 163.

33. *Санитарные нормы и правила 2.6.1.8-38-2003 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований».* Минск, 2004. 72 с.
34. *Метод определения эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенодиагностических процедур : Инструкция по применению : утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 08.09.2016, рег. № 038-0716.*
35. *Организация и проведение индивидуального дозиметрического контроля в лечебно-профилактических учреждениях : Инструкция 2.6.1.11-11-12-2003.*
36. *Определение индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организация контроля профессионального облучения в контролируемых условиях обращения с источниками ионизирующего излучения : Инструкция 2.6.1.11-8-41-2004 : утв. постановлением Гл. гос. сан. врача Респ. Беларусь от 29.12.2004 г. № 157.*
37. *Радиационный контроль при санитарно-гигиеническом обследовании радиационных объектов : Инструкция 2.6.1.10.11.99-2005 : утв. постановлением Гл. гос. сан. врача Респ. Беларусь от 28.12.2005 г. № 275.*
38. МУК Республики Беларусь № 11-8-6-2002 «Проведение радиационно-гигиенического обследования жилых и общественных зданий». Минск, 2002. 22 с.
39. МУК 2.6.1.11-8-3-2003 «Радиационный контроль. Стронций-90 и цезий-137. Пищевые продукты. Отбор проб, анализ и гигиеническая оценка» : сб. нормативных документов «Радиационная безопасность». Ч. 1.: Минск, 2004. 64 с.
40. Договор о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 года.
41. О применении санитарных мер в таможенном союзе: Решение комиссии таможенного союза от 28.05.2010 г. № 299.
42. ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания».
43. ТР ТС 007/2011 «О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков».
44. ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна».
45. ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».
46. ТР ЕАЭС 044/2017 «О безопасности упакованной питьевой воды, включая природные минеральные воды».
47. ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции».

**ПРИМЕРНАЯ ФОРМА АКТА ОБСЛЕДОВАНИЯ
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ
РАБОТ И УСЛУГ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИХ ПОТЕНЦИАЛЬНУЮ ОПАСНОСТЬ
ДЛЯ ЖИЗНИ И ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ
(АКТ ОБСЛЕДОВАНИЯ РЕНТГЕНКАБИНЕТА)**

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ**

_____ (название, адрес, телефон)

**АКТ ОБСЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ САНИТАРНО-
ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ РАБОТ И УСЛУГ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИХ
ПОТЕНЦИАЛЬНУЮ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ ЖИЗНИ И ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ**

Дата _____

_____ (Ф.И.О., должность лица, проводившего обследование)

Наименование субъекта:

_____ (название юридического лица, Ф.И.О. индивидуального предпринимателя)

_____ (адрес, телефон (факс))

На основании заявления _____

_____ (название юридического лица, Ф.И.О. индивидуального предпринимателя)

от «___» _____ г. № _____

Цель: Проведение государственной санитарно-гигиенической экспертизы работ и услуг, представляющих потенциальную опасность для жизни и здоровья населения – деятельность в области здравоохранения, в части применения открытых радионуклидов в изотопной лаборатории _____

В присутствии _____

Основные данные

Лаборатория радионуклидной диагностики расположена в отдельном здании на 1 этаже, помещения скомпонованы в виде блока. Состав помещений: гамма-камера, пультавая, генераторная, процедурная, хранилище для радиоактивных отходов, туалет для пациентов, санпропускник (состав санпропускника – душевые, гардеробная спецодежды, помещение для хранения СИЗ, пункт радиометрического контроля кожных покровов и спецодежды, кладовая грязной спецодежды, кладовая чистой спецодежды, туалетная комната), комната ожидания для больных, три кабинета для персонала, туалет для персонала.

Помещения лаборатории имеют удовлетворительное санитарно-техническое состояние. На дверях указано назначение помещений, класс проводимых работ, знак радиационной опасности. Технологические операции по подготовке радиофармацевтических препаратов к введению в организм пациентов проводятся в шкафу лабораторном защитном модель _____, на лотках и поддонах из слабо сорбирующих материалов, дно закрывается слоем фильтровальной бумаги.

Генератор технеция находится в шкафу лабораторном защитном модель _____. Лаборатория обеспечена аварийными комплектами, рабочий инвентарь имеет маркировку. Радиоактивные отходы в конце рабочего дня сдаются в хранилище РАО, мешок с радиоактивными отходами имеет этикетку с указанием типа радионуклида, даты поступления на хранение и даты удаления после выдержки на радиоактивный распад.

В лаборатории проводится диагностика радионуклидная *in vivo*, активность генератора радионуклидов технеция-99 ____ МБк, общее количество (активность) в год

1.3 Ф.И.О. и должность лица, ответственного за ~~контроль~~ за обеспечением радиационной безопасности: _____
ФИО _____
Должность _____
Приказ _____
Специальное обучение по вопросам обеспечения РБ с оценкой знаний _____

1.4 Ф.И.О. и должность лица, ответственного за учет и хранение рентгеновских аппаратов: _____
ФИО _____
Должность _____
Приказ _____

1.5 Ф.И.О. и должность лица, ответственного за техническое состояние ИИИ: _____
ФИО _____
Должность _____
Приказ _____

1.6 Приказ об отнесении работающих лиц к персоналу _____

2. Документация

2.1 Санитарный паспорт на право работы с источниками ионизирующего излучения действителен до _____

2.2 Эксплуатационная документация на рентгеновский аппарат (установку) на одном из государственных языков _____

2.3 Технический паспорт на рентгеновский кабинет (указать срок действия) _____

2.4 Протокол контроля эксплуатационных параметров аппарата _____

2.5 Протоколы испытаний индивидуальных и передвижных средств радиационной защиты _____

2.6 Акт проверки эффективности вентиляции _____

2.7 Акт испытания устройства защитного заземления с указанием сопротивления растекания тока основных заземлителей _____

2.8 Инструкция по радиационной безопасности при работе с рентгеновской аппаратурой _____

2.9 План мероприятий по защите персонала и населения в случае радиационной аварии _____

2.10 Порядок проведения контроля за обеспечением радиационной безопасности _____

2.11 Инструкция по действиям персонала в аварийных ситуациях _____

2.12 Система радиационного контроля _____

2.13 Контролируемые параметры воздействия радиационного фактора _____

2.14 Приходно-расходный журнал учета источников ионизирующего излучения _____

2.15 Радиационно-гигиенический паспорт пользователя ИИИ _____

2.16 Контрольно-технический журнал _____

2.17 Протокол проверки знаний правил радиационной безопасности _____

2.18 Заключение медицинской комиссии о прохождении персоналом предварительных и периодических медицинских осмотров _____

2.19 Журнал регистрации инструктажа по РБ _____

2.20 Карточки учета индивидуальных доз облучения персонала _____

2.21 Санитарные правила, иные нормативные и инструктивно-методические документы, регламентирующие требования радиационной безопасности _____

Предложения _____

Принятые меры _____

Настоящий акт составлен в 2 экземплярах

И.О.Ф

(подпись должностного лица органа или учреждения, осуществляющих государственный санитарный надзор)

И.О.Ф

(подпись должностного лица об ознакомлении и получении 1 экземпляра настоящего акта)

**ПРИМЕР АКТА ОБСЛЕДОВАНИЯ
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ
РАБОТ И УСЛУГ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИХ ПОТЕНЦИАЛЬНУЮ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ
ЖИЗНИ И ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ (АКТ ОБСЛЕДОВАНИЯ ЛАБОРАТОРИИ
РАДИОИЗОТОПНОЙ ДИАГНОСТИКИ)**

**АКТ ОБСЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ САНИТАРНО-
ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ РАБОТ И УСЛУГ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИХ
ПОТЕНЦИАЛЬНУЮ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ ЖИЗНИ И ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ**

Дата _____

(Ф.И.О., должность лица, проводившего обследование)

Наименование субъекта:

(название юридического лица, Ф.И.О. индивидуального предпринимателя)

(адрес, телефон/факс)

На основании заявления _____

от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Цель: Проведение государственной санитарно-гигиенической экспертизы работ и услуг, представляющих потенциальную опасность для жизни и здоровья населения – деятельность в области здравоохранения, в части применения _____

В присутствии _____

1. Основные данные:

I.2 Ф.И.О. и должность лица, ответственного за радиационную безопасность:

ФИО _____

Должность _____

Приказ _____

Специальное обучение по вопросам обеспечения РБ с оценкой знаний _____

___ Бк. Санитарный паспорт на право работы с ИИИ № __/__, срок действия до ___ г.; технический паспорт № ____, действителен до ____ г. Заказ-заявка на поставку ИИИ в ___ году согласована (дата) № ___.

Приходно-расходный журнал учета генераторов короткоживущих радионуклидов (последний генератор получен ___ г.), журнал приготовления рабочих радиофармацевтических растворов, журнал введения радиофармпрепаратов пациентам, журнал радиоактивных отходов ведутся. Генератор выдается ответственному лицу по требованию на выдачу радиоактивных веществ с разрешения руководителя _____

Расходование радиофармпрепаратов оформляется внутренними актами, утвержденными руководителем _____

(название учреждения)

Для проведения радиационного контроля используются: (название прибора, заводской номер), свидетельство о поверке № ____, действительно до ___ г., калибратор (название) свидетельство о поверке № ____, действительно до ___ г.

Контролируемые параметры воздействия радиационного фактора согласованы ___ г.

Система радиационного контроля для обеспечения радиационной безопасности в _____ согласована и утверждена ___ г. Радиационный контроль за _____

обеспечением радиационной безопасности проводится в соответствии с системой радиационного контроля в (название учреждения) и планом схемой замеров МЭД в лаборатории. Результаты замеров регистрируются в журнале радиационного дозиметрического контроля, журнале учета бета-загрязненности у персонала.

Для обеспечения радиационной безопасности при проведении радионуклидных исследований используются средства радиационной защиты пациентов и персонала. Средства радиационной защиты прошли контроль защитной эффективности (протокол испытаний № ___ от ___ г. _____).

(название учреждения, проводившего контроль)

Листы учета дозовых нагрузок пациентов при исследованиях ведутся и вклеиваются в историю болезни пациентов. Медицинское облучение пациентов проводится по назначению врача-специалиста и с письменного согласия пациентов.

Контроль за нерадикационными факторами в кабинетах проводится в установленные сроки - не реже одного раза в два года. Представлены: технический отчет № ___ от ___ г. электрофизических испытаний электрооборудования с протоколами проверки соединений заземлителей с заземляемыми элементами; технический отчет по результатам обследования, испытания и паспортизации вентиляционных установок, акт № ___ от ___ г. обследования кратности воздухообмена в помещениях изотопной лаборатории.

Приказом (название учреждения) от ___ г. № ___ определен список работников, отнесенных к категории «персонал», всего ___ человек. Приказом от ___ г. № ___ назначены: ответственный за контроль за обеспечением радиационной безопасности по (название учреждения) – (должность, Ф.И.О.), ответственный за радиационную безопасность в изотопной лаборатории – врача радионуклидной диагностики (заведующего изотопной лабораторией) Ф.И.О., ответственный за осуществление радиационного контроля – инженер по радиационной безопасности Ф.И.О. Специалисты прошли подготовку по вопросам обеспечения радиационной безопасности (свидетельства № ___ от ___ г., № ___ от ___ г., № ___ от ___ г. _____), также проверку знаний

(название учреждения, проводившего подготовку)

законодательства в области радиационной безопасности (протоколы № ___ от ___ г., № ___ от ___ г., № ___ от ___ г.).

Приказом от ____ г. № ____ назначен ответственный за получение, учет, хранение открытых ИИИ, получение РФП – (должность, Ф.И.О.).

Проверка знаний персонала по радиационной безопасности проводится ежегодно. Приказом (название учреждения) от ____ г. № ____ создана комиссия по проверке знаний персонала по радиационной безопасности, протокол проверки знаний с зачетом от ____ г.

Инструктаж по радиационной безопасности персонала, работающего с ИИИ, проводится ежеквартально и учитывается в соответствующем журнале, последний повторный инструктаж проведен ____ г. Медицинский осмотр персонал проходит ежегодно, акт периодического медосмотра с ____ г. по ____ г. Персонал обеспечен средствами индивидуального дозиметрического контроля. Индивидуальный дозиметрический контроль организован по договору с (Название учреждения), проводится ежеквартально, карточки учета индивидуальных доз внешнего облучения лиц, работающих с ИИИ, ведутся по установленной форме.

Радиационно-гигиенический паспорт пользователя ИИИ за ____ год согласован с ГУ (название ЦГЭ).

В целях обеспечения радиационной безопасности в (название учреждения) разработаны и утверждены (указать дату): план мероприятий по защите персонала и населения в случае радиационной аварии, порядок проведения контроля за обеспечением радиационной безопасности, инструкция по радиационной безопасности при работе с ИИИ в изотопной лаборатории, инструкция по действиям персонала в аварийных ситуациях в изотопной лаборатории, категория потенциальной опасности, схема обращения с радиоактивными отходами. Указанные документы согласованы с органом госсаннадзора. Разработаны и утверждены референтные уровни (дата), граничные дозы (дата), программа контроля качества при использовании РФП (дата).

Необходимыми ТНПА по радиационной безопасности изотопная лаборатория обеспечена.

Предложения

Принятые меры

Настоящий акт составлен в 2 экземплярах

____ И.О.Ф
(подпись должностного лица органа или учреждения, осуществляющих государственный санитарный надзор)

____ И.О.Ф
(подпись должностного лица об ознакомлении и получении 1 экземпляра настоящего акта)

ФОРМА АКТА ОТБОРА ОБРАЗЦОВ (ПРОБ)

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Наименование организации (ЦГЭ) и адрес ее места нахождения,

Аттестат аккредитации: ВУ/.._/_/.../

АКТ отбора образцов (проб) от «_____» «_____» 20__ г.

Входящий номер ___/___/___ от «_____» 20__ г.

Основание _____ на

_____ *место нахождения продукции*

_____ *наименование организации-Заявителя*

мною, _____

_____ *Ф.И.О. исполнителя ЦГЭ*

в присутствии _____

_____ *Ф.И.О. представителя Заявителя*

Идентифицирована партия _____

_____ *наименование продукции*

Произведенной/поставленной _____

_____ *наименование изготовителя (импортера)*

для проведения государственной санитарно-гигиенической экспертизы
(контроля производства и др.) _____

Сопроводительные документы _____

№ п/п	Наименование образцов (проб) проверяемой продукции, ее реквизиты (изготовитель, штриховой код и др.)	Ед. измерения	Размер партии	Дата изготовления (конечный срок реализации)
1	2	3	4	5

Результаты внешнего осмотра: _____

Упаковка/потребительская упаковка _____

Транспортная упаковка; _____

Информация об идентификации продукции _____

Условия и место хранения _____

Подпись лица, производшего отбор образцов проб) _____

_____ *Ф.И.О.*

Подпись Заявителя _____

_____ *Ф.И.О.*

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Наименование организации (ЦГЭ)
аккредитован в Национальной системе
аккредитации Республики Беларусь

УТВЕРЖДАЮ
Главный врач,
(уполномоченный сотрудник)
_____ Фамилия, инициалы

М.П.
«число» месяц, год

Аттестат аккредитации № _____
Срок действия до _____
Адрес: _____
Тел. +375 _____

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ № _____

наименование продукции	_____
изготовленной	наименование изготовителя, (импортера), страна
представленной	наименование заявителя

юридический адрес, телефон, факс	

Регистрационный (входящий) номер дата _____
Заявление Заказчика (номер, дата) _____
Номер, дата договора/контракта, заключенного с Заказчиком _____
Количество испытанных образцов _____
Начало и окончание испытаний _____
Акт отбора образцов _____

Перечень документов, представленных Заказчиком:
Технические нормативные правовые акты (ТНПА) на основании которых проводились испытания: _____
ТНПА, устанавливающие методы испытаний: _____
Результаты испытаний: _____

Номер образца	Показатель	Единицы измерения	ТНПА на метод испытаний	Результаты испытаний	Требования _____ сокр. название ТНПА
№ 1					
№ 2					

Заключение и/или выводы: _____
Результаты испытаний относятся к испытанному(-ым) образцу(-ам).

Подписи исполнителей:

Заведующий лабораторией _____ / _____
Наименование лаборатории Подпись ФИО

Ответственный исполнитель _____ / _____
Должность, наименование лаборатории Подпись ФИО

Протокол испытаний составлен в _____ (3-х) экземплярах:

2 (два) экземпляра – Заказчику;

1 (один) экземпляр – ЦГЭ

РЕПОЗИТОРИЙ БГМУ

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений	3
Введение	4
Глава 1. Нормативное правовое обеспечение организации государственного санитарного надзора в области радиационной гигиены	5
Глава 2. Методические подходы и нормативное правовое обеспечение проведения дозиметрических исследований факторов среды обитания человека	18
Глава 3. Методические подходы и нормативное правовое обеспечение проведения радиометрических и радиохимических исследований факторов среды обитания человека	23
Глава 4. Радиационно-гигиеническое обследование жилых и общественных зданий и сооружений	32
Глава 5. Радиационно-гигиенический контроль в ситуации существующего облучения. Оценка радоновой опасности территории... 41	
Глава 6. Инструментальные и методические подходы к анализу радиоактивного загрязнения среды обитания человека.....	51
Глава 7. Исследование сыпучих проб продовольственного сырья и пищевых продуктов	57
Глава 8. Исследование жидких проб продовольственного сырья и пищевых продуктов	69
Глава 9. Исследование проб продовольственного сырья и пищевых продуктов для детей.....	79
Глава 10. Радиационно-гигиеническая оценка предприятий ядерной энергетики.....	87
Глава 11. Оценка радиоактивных выбросов основных дозообразующих радионуклидов. Прогноз радиационной обстановки	96
Глава 12. Радиационно-гигиенический мониторинг в Республике Беларусь.....	103
Глава 13. Оценка избыточного пожизненного радиационного риска среди различных категорий населения	116
Список использованной литературы.....	132
Приложение 1	135
Приложение 2	135
Приложение 3	141
Приложение 4	142