

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра физики

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению лабораторной работы**

**«ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОДОВОЙ ЭФФЕКТИВНОЙ
ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ»**

по модулю «Радиационная безопасность»

Брест 2024

УДК 614.876(075.8)

Методические указания предназначены для студентов технических специальностей дневной и заочной форм обучения, выполняющих лабораторные работы по модулю «Радиационная безопасность» дисциплины «Безопасность жизнедеятельности человека». Указания содержат теоретические сведения, описание лабораторной установки и методику измерений, а также задания для самостоятельной работы, контрольные вопросы и рекомендуемую литературу.

Составители: М. М. Барковская, к. ф.-м. н., доцент
А. И. Пинчук, доцент, к. ф.-м. н., доцент
С. В. Чугунов, старший преподаватель
Э. В. Чугунова, учитель физики УО «Брестский областной лицей им. П. М. Машерова»

Рецензент: А. В. Демидчик, к. ф.-м. н., доцент, заведующий кафедрой общей и теоретической физики учреждения образования «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина»
С. В. Басов, доцент кафедры инженерной экологии и химии, УО «БрГТУ», к.т.н., доцент

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОДОВОЙ ЭФФЕКТИВНОЙ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ

Цель работы: расчет среднегодовой эффективной дозы облучения на основе методов оценки доз внешнего и внутреннего облучения жителей населенных пунктов, расположенных на территории, загрязненной радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

Приборы и материалы: дозиметр-радиометр МКС-АТ1117М с выносным интеллектуальным блоком детектирования; проба «Лесной грунт».

Введение

В рамках государственных и союзных программ Республика Беларусь осуществляет целенаправленную политику по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС в целях обеспечения радиационной безопасности жителей населенных пунктов на территории радиоактивного загрязнения. Согласно Каталогу доз облучения в Республике Беларусь в настоящее время насчитывается 78 населенных пунктов, в которых наблюдается превышение установленного законодательством республики предела облучения (1 мЗв/год).

В таких местах проживания и ведения хозяйственной деятельности организован индивидуальный дозиметрический контроль населения и научно обоснованы мероприятия по радиационной защите населения в рамках развития системы радиационно-гигиенического мониторинга. Так, для расчета доз внешнего и внутреннего облучения населения рассматриваются дозы облучения от цезия Cs-137 как основного дозообразующего радионуклида.

Суммарная эффективная доза облучения от цезия Cs-137 складывается из дозы внутреннего облучения и дозы внешнего облучения. Источником внутреннего облучения жителей являются продукты питания местного производства и продукция лесных экосистем (грибы, ягоды, мясо диких животных). Установлено, что в продуктах (овощи, картофель и молоко), производимых в личных подсобных хозяйствах, содержание цезия Cs-137 не превышает значения РДУ-99. В то время как в «лесных дарах» повышенное содержание изотопа Cs-137 отмечается практически в каждом населенном пункте. Согласно данным районного центра гигиены и общественного здоровья в населенном пункте Ольманы Столинского района Брестской области содержание изотопа Cs-137 в сухих грибах составило более 128 000 Бк/кг.

Превышение уровня активности 10 000 Бк на 1 кг продукта зафиксировано в 10 населенных пунктах Республики Беларусь.

1 Описание методики расчета среднегодовой эффективной дозы облучения

Годовая эффективная доза облучения жителей населенного пункта Беларуси, подвергшегося радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС, определяется как сумма среднегодовой дозы внешнего облуче-

ния от находящегося в почве цезия Cs-137 и дозы внутреннего облучения от инкорпорированного в организме человека Cs-137:

$$E = E_{\text{внешн}} + E_{\text{внутр}}, \quad (1.1)$$

где $E_{\text{внешн}}$ – среднегодовая эффективная доза внешнего облучения жителей, мЗв/год;

$E_{\text{внутр}}$ – средняя годовая эффективная доза внутреннего облучения жителей, мЗв/год.

После проведения детального обследования населенного пункта, исходя из соотношения вклада внешнего и внутреннего облучения в суммарную дозу облучения, определяется отнесение данного населенного пункта к определенному классу и эффективности (целесообразности) проведения защитных мероприятий по снижению доз внутреннего облучения.

Всего выделено 5 основных классов населенных пунктов по эффективности снижения доз внутреннего облучения (приложение).

1.1 Оценка среднегодовой эффективной дозы внутреннего облучения по результатам СИЧ-измерений

Для расчета средней годовой эффективной дозы внутреннего облучения необходима следующая информация:

- данные по содержанию цезия Cs-137 в организме жителей населенного пункта, полученные по результатам СИЧ-измерений;

- официальные данные Департамента по гидрометеорологии о средней плотности загрязнения территории населенного пункта и его ареала Cs-137.

Спектрометр излучения человека (СИЧ) – прибор, служащий для определения содержания инкорпорированных радионуклидов в теле и органах человека.

При достаточном наличии прямых СИЧ-измерений (>30 измерений за три года) содержания изотопа цезия Cs-137 в организме у жителей населенного пункта годовая эффективная доза внутреннего облучения рассчитывается по формуле

$$E_{\text{внутр}} = \frac{DF}{M} Q, \quad (1.2)$$

где DF – дозовый коэффициент инкорпорированного в организме человека цезия Cs-137, мЗв·год⁻¹/кБк·кг⁻¹ (значения представлены в таблице 1);

M – масса тела человека, кг;

Q – среднегодовое содержание цезия Cs-137 в организме человека по результатам СИЧ-измерения, кБк.

Таблица 1 – Значения дозового коэффициента DF для цезия Cs-137

Возрастная группа, лет	< 1	1–2	3–7	8–12	13–17	>17
Дозовый коэффициент для цезия Cs-137, мЗв/кБк·кг ⁻¹	2,4	2,1	2,2	2,2	2,4	2,5

Средние дозы внутреннего облучения жителей исследуемых населенных пунктов, установленные путем проведения СИЧ-измерений населения, находятся в диапазоне от 0,02 до 0,49 мЗв/год. Результаты СИЧ-измерений содержания цезия Cs-137 в организме человека считаются наиболее достоверными данными для оценки дозы внутреннего облучения от данного радионуклида.

1.2 Оценка среднегодовой эффективной дозы внутреннего облучения по плотности загрязнения территории населенного пункта Cs-137 (дополнительны материал)

В случае отсутствия или недостатка данных СИЧ-измерений (< 30 измерений за три года) годовая эффективная доза внутреннего облучения жителей населенного пункта определяется по модели линейной регрессии вида с регионально-ориентированными параметрами:

$$E_{\text{внутр}} = a + b \sigma, \quad (1.3)$$

где $E_{\text{внутр}}$ – эффективная доза внутреннего облучения, мЗв/год;

b – коэффициент связи среднегодовой эффективной дозы внутреннего облучения жителей населенного пункта со средней плотностью загрязнения территории населенного пункта Cs-137, мЗв·год⁻¹/кБк·м⁻² (мЗв·год⁻¹/Ки·км⁻²);

a – свободный член уравнения регрессии, эмпирически полученный для каждого региона (коэффициент, значения которого представлены в таблице 4), мЗв/год;

σ_{Cs} – средняя плотность загрязнения территории населенного пункта цезия Cs-137, кБк/м² (Ки/км²).

Значения параметров уравнения линейной регрессии для населенных пунктов трех регионов, различающихся экологическими условиями, задаются в справочнике.

1.3 Оценка среднегодовой эффективной дозы внешнего облучения

Для расчета средней годовой эффективной дозы внешнего облучения необходима следующая информация:

- официальные данные Департамента по гидрометеорологии о средней плотности загрязнения территории населенного пункта и его ареала Cs-137;
- данные по типу населенного пункта, в котором постоянно проживает население.

Годовая эффективная доза внешнего облучения для представителя g -ой возрастной группы s -ого населенного пункта рассчитывается по формуле

$$E_{\text{внешн}/s,g} = 8760 \cdot BF_{s,g} \cdot v_g \cdot (P_m - P_0), \quad (1.4)$$

где 8760 – количество часов в году;

$BF_{s,g}$ – обобщенный коэффициент защищенности для представителя g -й возрастной группы;

v_g – поправочный коэффициент, учитывающий возрастную дозу облучения;

P_m – мощность эквивалентной дозы в s-м населенном пункте, мЗв/ч;

P_0 – мощность эквивалентной дозы в s-м населенном пункте до аварии на Чернобыльской АЭС (устанавливается по данным Республиканского центра радиационного контроля и мониторинга), мЗв/ч.

Обобщенный коэффициент защищенности $BF_{s,g}$ (таблица 2) учитывает изменения дозы облучения различных возрастных групп населения, проживающих на территории населенных пунктов различного типа, включая и сезонные изменения радиационной обстановки, обусловленные образованием снегового покрова в зимнее время.

Таблица 2 – Значения обобщенного коэффициента защищенности $BF_{s,g}$

Обобщенный коэффициент защищенности $BF_{s,g}$ для жителей населенного пункта типа:	Возрастная группа, лет					
	< 1	1–2	3–7	8–12	13–17	> 17
сельский	0,39	0,39	0,40	0,40	0,40	0,40
поселковый	0,27	0,28	0,28	0,30	0,30	0,29
городской	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,23

Поправочный коэффициент v_g (таблица 3) учитывает зависимость эффективной дозы облучения человека от возраста для цезия Cs-137, который в настоящее время фактически стал единственным дозообразующим радионуклидом «чернобыльского» происхождения.

Таблица 3 – Значения поправочный коэффициент v_g

Возрастная группа, лет	< 1	1–2	2–7	7–12	12–17	> 17
Поправочный коэффициент v_g	1,34	1,32	1,16	1,06	1,03	1,00

2. Описание средства измерения и его работы

Дозиметр-радиометр МКС-АТ1117М является уникальным, многофункциональным прибором, предназначенным для решения широкого круга задач радиационного контроля и защиты и используется для проведения измерений:

- амбиентного эквивалента дозы и мощности амбиентного эквивалента дозы рентгеновского и гамма-излучения;
- экспозиционной дозы и мощности экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучения;
- эквивалента направленной дозы и мощности эквивалента направленной дозы непрерывного рентгеновского и гамма-излучения;
- амбиентной дозы и мощности амбиентной дозы рентгеновского и гамма-излучения;
- плотности потока и флюенса альфа частиц ^{239}Pu и бета-частиц с загрязненных поверхностей;
- плотности потока и флюенса нейтронного излучения с известным энергетическим распределением;

- поверхностной активности и числа распадов ^{239}Pu и $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$;
- оперативного поиска источников ионизирующих излучений и радиоактивных материалов.

Прибор МКС-АТ1117М относится к носимым средствам измерения и может эксплуатироваться в лабораторных и полевых условиях службами контроля соблюдения норм и условий радиационной безопасности на рабочих местах, в смежных помещениях и санитарнозащитных зонах при разработке, производстве и эксплуатации приборов и установок, являющихся источниками низкоэнергетического рентгеновского излучения, досмотровой рентгеновской техники, рентгеновских дефектоскопов, медицинских рентгеновских аппаратов, видеодисплейных терминалов, а также радионуклидных источников низкоэнергетического гамма- и рентгеновского излучений.

2.1 Принцип действия прибора

Принцип действия дозиметра-радиометра МКС-АТ1117 основан на взаимодействии излучения с веществом детектора блока детектирования (БД) и возникновении сцинтилляций (сцинтилляционный детектор) или носителей заряда (газоразрядный счетчик), которые затем преобразуются в электрические импульсы, амплитуда которых пропорциональна энергии излучения, а скорость счета пропорциональна потоку частиц, попадающих в детектор. Преобразование этих данных в измеряемые величины (мощность дозы, дозу, плотность потока, флюенс, поверхностную активность) производится прибором автоматически с учетом предварительно сделанной калибровки по эталонам, воспроизводящим соответствующую физическую величину. Сцинтилляционные детекторы, применяются для определения малых уровней излучения, в то время как для определения высоких уровней излучения используются газоразрядные счетчики.

Дозиметр-радиометр МКС-АТ1117М состоит из блока обработки информации (БОИ2), адаптера ВТ-DU4 и выносного блока детектирования (БД) БДКГ-05, выполняющего различные функции.

Блок детектирования БДКГ-05 предназначен для измерения малых уровней рентгеновского, гамма-, альфа-, бета-излучений. Принцип его действия основан на использовании высокочувствительного метода сцинтилляционных измерений с применением детектора $\text{NaI}(\text{Tl})$ диаметром $\text{Ø } 40 \times 40$ мм и фотоэлектронных умножителей (ФЭУ). Для повышения стабильности измерений в них применена система светодиодной стабилизации измерительного тракта, которая одновременно обеспечивает проверку работоспособности всего тракта в процессе работы.

В блоке детектирования БДКГ-05 при измерении мощности дозы и дозы использован спектрометрический метод, при котором энергетический диапазон разбит на 512 каналов, сгруппированных в 13 окон.

Подключение блока детектирования непосредственно к персональному компьютеру позволяет наблюдать аппаратные спектры регистрируемого излучения.

Алгоритм работы обеспечивает непрерывность процесса измерения, вычисление "скользящих" средних значений и оперативное представление получаемой информации на табло, статистическую обработку результатов измерений и оценку статистических флуктуаций в темпе поступления сигналов от детектора, быструю адаптацию к изменению уровней радиации.

Преобразование временных распределений в непосредственно измеряемые физические величины (мощность дозы, дозу, плотность потока, флюенс, поверхностную активность) осуществляется автоматически.

Управление режимами работы прибора, выполнение вычислений, хранение и индикация результатов измерения, самодиагностика осуществляется микропроцессорным устройством.

Общий вид блока обработки информации БОИ2 приведен на рисунке 1.

Блок обработки информации БОИ2 используется в качестве элемента управления и индикации и помещен в пылебрызгозащищенный корпус из алюминиевого сплава с полимерным покрытием. Степень защиты БОИ2 соответствует IP64 по ГОСТ 14254-96. Питание блока обработки информации осуществляется от встроенного блока аккумуляторов, внешней батареи или внешнего источника питания.

В зависимости от выполняемых задач прибор комплектуется выносными блоками детектирования различного назначения. Каждый блок помещен в пылебрызгозащищенный корпус из алюминиевого сплава с полимерным покрытием. Питание блоков детектирования осуществляется от БОИ2, интерфейсного адаптера или ПК. Подключение БД к выбранному элементу управления и индикации производится через RS232, USB или Bluetooth. Время непрерывной работы дозиметра МКС-АТ1117М с каждым БД составляет не менее 24 часов.



а)



б)

Рисунок 1 – Общий вид дозиметра-радиометра МКС-АТ1117М в составе с блоком обработки информации БОИ2 (а) и выносным блоком детектирования БДКГ-05 (б)

Программное обеспечение (ПО) дозиметра-радиометра МКС-АТ1117М состоит из обязательного встроенного ПО, которое жестко привязано к электрической схеме и размещается в энергонезависимой части памяти микропроцессора, запись которой осуществляется в процессе производства. Обеспечивает взаимодействие блока обработки информации БОИ2 с блоком детектирования, получение и отображение на дисплее блока обработки результатов измерений и сообщений о неисправностях, управление режимами работы прибора.

Блок обработки информации БОИ2 и каждый блок детектирования дозиметра-радиометра МКС-АТ1117М обладает собственным встроенным ПО и состоит из следующих программных компонентов:

- программного обеспечения блока обработки информации БОИ2, обеспечивающее измерение дозы и мощности амбиентного эквивалента дозы рентгеновского и гамма-излучения, скорости счета, статистической погрешности измерения, управление режимами работы, хранение информации о настройках блоков, взаимодействие с подключаемыми блоками детектирования;

- программного обеспечения блока детектирования БДКГ-05, обеспечивающее измерение дозы и мощности амбиентного эквивалента дозы рентгеновского и гамма-излучения, скорости счета, статистической погрешности измерения, хранение информации о настройках блока, взаимодействие с подключаемыми блоками обработки информации БОИ2.

Обязательное встроенное ПО зашивается на стадии производства. Доступа к цифровому идентификатору ПО нет. Разделение ПО с выделением метрологически значимой части не предусмотрено. К метрологически значимой части относится все ПО дозиметра-радиометра МКС-АТ1117М.

2.2 Включение и выключение прибора

Блок детектирования БДКГ-05 подключите кабелем из комплекта поставки к разъёму БОИ2, находящемуся на нижней панели.

Примечание – если блок детектирования БДКГ-05 уже подключен к БОИ2 делать этого не требуется!

Чтобы **включить прибор**, нажмите кнопку «ПУСК» на передней панели блока детектирования БДКГ-05. После включения питания прибор автоматически переходит в режим самоконтроля. На короткое время включается звуковой сигнал, затем загорается подсветка табло и в течение одной секунды индицируется тестовое изображение, приведенное на рисунке 2.

При успешном завершении самоконтроля **прибор автоматически переходит в режим измерения**. На табло БОИ2 появляется индикация измеряемой величины (α , β , γ , n), единицы измерения, статистической погрешности, символ «» и мигающий символ «!», свидетельствующий о работе прибора. Через ~20 с начинается измерение мощности дозы.

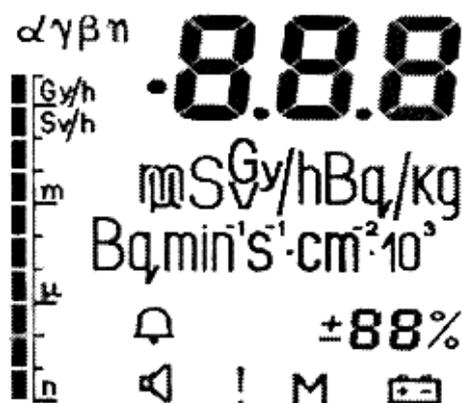


Рисунок 2 – Тестовое изображение на экране БОИ2

Выключение прибора осуществляется быстрым трехкратным нажатием кнопки «ПУСК». При этом на табло появляется сообщение «OFF», и, завершив все операции, через 1–2 с прибор выключается.

2.3 Измерение мощности дозы

2.3.1. Включите прибор согласно **пункту 2.2**. Дождитесь появления постоянной индикации «γ».

2.3.2. Нажмите кратковременно на кнопку «ПУСК» для проведения измерения.

2.3.3. Запишите через 1-2 минуты показание полученной мощности эквивалентной дозы при значении статистической погрешности измерения, **не превышающей 5 %**.

Примечание – В процессе измерения на табло БОИ2 выводится среднее значение мощности эквивалентной дозы и соответствующие ему значение статистической погрешности в диапазоне от 90 % до 1 %.
Индикация «90 %» мигает, когда значение статистической погрешности измерения превышает 90 %.

Размерность мощности дозы выводится на **левой вертикальной шкале** табло БОИ2. Индикация $\mu\text{Sv/h}$ означает, что мощность эквивалентной дозы измеряется в микроЗиверт в час (мкЗв/ч), а индикация nSv/h – наноЗиверт в час (нЗв/ч).

2.3.4. Начните новый цикл измерения, нажав кратковременно на кнопку «ПУСК».

4 Задания для самостоятельной работы

В данной лабораторной работе значение мощности эквивалентной дозы в s-м населенном пункте до аварии на Чернобыльской АЭС **имитируется** фоновым естественным радиационным фоном в лаборатории радиационной безопасности кафедры физики. Изменение радиационной обстановки, т. е. появление радиоактивного загрязнения в s-м населенном пункте после аварии, **имитируется** с помощью пробы «Лесной грунт» (место отбора пробы – Брестская область).

Примечание: в начале лабораторной работы преподавателем задаются:

- возрастная группа жителей, для которых рассчитывается среднегодовая эффективная доза облучения;
- тип населенного пункта, подвергшегося радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС;
- среднегодовое содержание цезия Cs-137 в организме человека по результатам СИЧ-измерения.

4.1. Определите согласно пп. 2.3.2–2.3.4 фоновое значение мощности эквивалентной дозы P_0 в лаборатории радиационной безопасности. Измерения проведите не менее трех раз. Найдите среднее значение полученной величины.

4.2. Поместите пробу «Лесной грунт» на лабораторном столе под блок детектирования БДКГ-05. Выполните не менее трех раз измерение мощности эквивалентной дозы P_m согласно пп. 2.3.2–2.3.4. Найдите ее среднее значение.

4.3. Рассчитайте величину годовой эквивалентной дозы внешнего облучения по формуле (1.1). **Обратите внимание**, что в формуле (1.1) величины P_0 и P_m выражаются в мЗв/час (миллизиверт в час). Результат расчета округлите до двух значащих цифр.

4.4. Рассчитайте величину годовой эффективной дозы (в миллизивертах) внутреннего облучения по формуле (1.2). Результат расчета округлите до двух значащих цифр.

4.5. Рассчитайте суммарную годовую эффективную дозу (в миллизивертах) по формуле (1.3).

4.6. Сделайте вывод о том, превышает (или не превышает) полученная годовая эффективная доза предел годовой эффективной дозы при облучении населения в 1 мЗв, установленный Законом Республики Беларусь «О радиационной безопасности» от 18 июня 2019 № 198-З.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение основным терминам, используемым в законе «О радиационной безопасности»: естественный радиационный фон, ионизирующее излучение, радиационная безопасность, персонал, население.

2. Дайте определение термину «эквивалентная доза». Назовите единицы ее измерения.

3. В чем состоит отличие терминов «радиационный инцидент» и «радиационная авария»? Приведите примеры.

4. В чем состоит отличие терминов «радиационная обстановка» и «радиоактивное загрязнение»?

5. Перечислите наиболее значимые адресные защитные мероприятия, способствующие (прямо или косвенно) снижению доз внутреннего облучения населения.

6. Назовите основные принципы обеспечения радиационной безопасности.

7. На какие типы подразделяются ситуации облучения в области обеспечения радиационной безопасности?

8. Какие основные пределы доз облучения устанавливаются для персонала и населения в ситуации планируемого облучения?

9. Какие дополнительные ограничения должны вводиться нанимателем для женщин и лиц моложе 18 лет, работающих с источниками ионизирующего излучения?

10. Можно ли нанимателю подвергать профессиональному облучению работника моложе 16 лет? Почему?

Список использованных источников

1. О радиационной безопасности : Закон Респ. Беларусь от 18 июня 2019 г. №198-3 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [сайт]. – Минск, 2019. – URL : <http://www.pravo.by> (дата обращения : 25.10.2024).

2. Об утверждении санитарных норм и правил «Требования к радиационной безопасности» : постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28 дек. 2012 г. № 213 – [Электронный ресурс] // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь – URL : <http://www.pravo.by>. (дата доступа : 25.10.2024).

3. Инструкция о методе оценки средней годовой эффективной дозы облучения жителей населенных пунктов, расположенных на территории, загрязненной радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС : утв. Министерством здравоохранения Республики Беларусь. – Гомель, 2014. – 9 с.

4. Оценка эффективной дозы внешнего и внутреннего облучения лиц, которые проживают на территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на ЧАЭС : метод. указания / В. Ф. Миненко [и др.]. – Минск : РНИУП, 2003. – 14 с.

5. Рекомендации по проведению адресных защитных мероприятий, снижающих дозы облучения жителей населенных пунктов, в которых превышен установленный законодательством предел облучения (1 мЗв/год) // Э. Н. Цуранков [и др.]. – Гомель, 2018. – 39 с.

6. Русаков, К.И. Радиационная безопасность : конспект лекций и лабораторный практикум / К. И. Русаков, Ю. П. Ракович, Т. Л. Кушнер. – Брест : Изд-во БрГТУ, 2012. – 144 с.

ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ ЖИТЕЛЕЙ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ И ПРОВЕДЕНИЕ АДРЕСНЫХ ЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Наличие доступной информации по радиоэкологической обстановке, правилам безопасного проживания на загрязненной территории Республики Беларусь населения – одно из наиболее эффективных защитных мероприятий. Уровень информированности населения оказывает влияние на поведение человека и, следовательно, на формирование доз внутреннего облучения. Согласно Каталогу средних годовых эффективных доз облучения жителей населенных пунктов Республики Беларусь на 2024 год существует 78 населенных пунктов, в которых превышен установленный законодательством предел облучения 1 мЗв/год. В Гомельской области находится 67 таких населенных пунктов, в Могилевской области – семь населенных пунктов, а в Брестской области – четыре населенных пункта. В восьми из них отсутствует население. К данным населенным пунктам относятся:

Устимле Столинского района Брестской области,
Липа Буда-Кошелевского района Гомельской области,
Алексеевка Чечерского района Гомельской области,
Прудок, Самотевичи Костюковичского района Могилевской области,
Кульшичи Славгородского района Могилевской области,
Боровая Краснопольского района Могилевской области,
Монастырек Чериковского района Могилевской области.

После проведения детального обследования населенного пункта, исходя из соотношения вклада внешнего и внутреннего облучения в суммарную дозу облучения, определяется отнесение данного населенного пункта к определенному классу и эффективности (целесообразности) проведения защитных мероприятий по снижению доз внутреннего облучения.

Всего выделено пять основных классов населенных пунктов по эффективности снижения доз внутреннего облучения:

1 класс – доза внутреннего облучения более 0,5 мЗв/год – проведение защитных мероприятий эффективно.

2 класс – доза внешнего облучения превышает 1 мЗв/год, вклад внутреннего облучения более 30 % от суммарной дозы облучения – проведение защитных мероприятий эффективно;

3 класс – доза внешнего облучения превышает 1 мЗв/год, вклад внутреннего облучения менее 30 % от суммарной дозы облучения – эффективность защитных мероприятий низкая;

4 класс – доза внешнего облучения менее 0,5 мЗв/год, доза внутреннего облучения более 50 % от суммарной дозы облучения – проведение защитных мероприятий эффективно;

5 класс – доза внешнего облучения менее 0,5 мЗв/год, доза внутреннего облучения менее 50 % от суммарной дозы облучения – проведение защитных мероприятий неэффективно;

Планирование защитных мероприятий рекомендуется проводить после проведения детального обследования населенных пунктов. Рекомендуемые адресные защитные мероприятия направлены на снижение доз внутреннего облучения населения. Настоящие защитные мероприятия целесообразно проводить в отдаленный период ликвидации последствий катастрофы на ЧАЭС. Предлагается осуществление восемь наиболее значимых защитных мероприятий, прямо или косвенно способствующих снижению доз внутреннего облучения сельских жителей:

- информационная работа с населением о текущих дозах облучения, причинах их формирования и способах снижения, рисках увеличения доз облучения за счет употребления продукции леса (грибы, ягоды, дичь);

- усиление контроля деятельности заготовительных организаций по сбору грибов и ягод с целью предотвращения закупки у населения продуктов с превышением содержания изотопа цезия Cs-137;

- упреждающие защитные мероприятия (молочные контромеры) в случае появления у населения коров;

- поддержание/создание культурных сенокосов и пастбищ для выпаса скота населением;

- организация водопоя для скота на используемых населением культурных пастбищах;

- применение препаратов, содержащих ферроцианиды в разных формах – болюсы, комбикорма, соль-лизунец, минеральные добавки для крупного и мелкого рогатого скота;

- выделение жителям минеральных удобрений под овощные культуры и картофель на основании градации населенных пунктов по плотности радиоактивного загрязнения (населенные пункты с плотностью радиоактивного загрязнения цезия Cs-137 выше 15 Ки/км²), для чего необходимо предусмотреть финансирование в последующей госпрограмме;

- содействие отдельным жителям из малочисленных населенных пунктов (1–3 человека) в их желании изменить место жительства в социально-организованные населенные пункты (наличие торгово-социальных объектов, транспортная связь с районным центром, доступ к медицинским услугам и т. п.).

Таким образом, проведение адресных защитных мероприятий обусловлено информацией о результатах проведения исследований (СИЧ-измерений и измерение содержания радионуклидов в продуктах питания) в конкретном населенном пункте по состоянию на текущий год.

Так, в Брестской области выделено 4 таких населенных пункта (все они находятся в Столинском районе). В населенном пункте Устимле жители не проживают, защитные мероприятия не проводятся.

В населенном пункте Ольманы проживает 1061 человек. Наиболее эффективны защитные мероприятия, связанные с сезонным информированием населения об оптимальных местах (лесных кварталах) сбора грибов, с указанием мест, где их заготовка нежелательна. Вклад грибного компонента в дозу внутреннего облучения достигает 90 % и более. Проведение других защитных мероприятий нецелесообразно и неэффективно.

В населенных пунктах Белоуша (2719 человек) и Отвержичи (536 человек) наиболее эффективными и целесообразными является сезонное информирование населения в отношении использования «даров леса». Рекомендуются распространение среди жителей листовок по безопасному проживанию с указанием наиболее накапливающих ^{137}Cs грибов и кварталов леса, безопасных для их сбора. Проведение других защитных мероприятий нецелесообразно.

Приложение 2

НОРМИРОВАНИЕ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Основными принципами обеспечения радиационной безопасности являются:

принцип нормирования – не превышение в ситуации планируемого облучения (за исключением медицинского облучения) пределов доз профессионального облучения и облучения населения от всех источников ионизирующего излучения;

принцип обоснования – запрещение всех видов деятельности по обращению с источниками ионизирующего излучения, при которых полученная для человека и общества польза не превышает риска возможного вреда, причиненного облучением, превышающим естественный радиационный фон;

принцип оптимизации – поддержание на достижимо низком уровне с учетом экономических и социальных факторов доз профессионального облучения и облучения населения, а также числа облучаемых лиц при обращении с любым источником ионизирующего излучения.

В целях установления требований в области обеспечения радиационной безопасности ситуации облучения подразделяются:

на ситуацию планируемого облучения, возникающую в результате запланированной эксплуатации источника ионизирующего излучения или запланированной деятельности (медицинское облучение, профессиональное облучение, облучение населения), способных приводить к облучению;

ситуацию аварийного облучения, возникающую в результате радиационной аварии, действия или непредвиденного события, которые требуют немедленных мер в целях недопущения или минимизации неблагоприятных последствий;

ситуацию существующего облучения, в которой облучение уже существует от естественного радиационного фона либо от остаточного количества радиоактивных веществ от осуществляемой ранее практической деятельности или после ситуации аварийного облучения и необходимо принимать решение о целесообразности ограничения облучения населения.

Нормирование в области обеспечения радиационной безопасности заключается в установлении:

пределов доз облучения, граничных доз облучения, референтных уровней и иных нормативов предельно допустимого воздействия ионизирующего излучения;

нормативов допустимых выбросов и сбросов радиоактивных веществ в окружающую среду.

Для предотвращения причинения вреда здоровью населения и персонала в ситуации планируемого облучения устанавливаются следующие пределы доз облучения:

при облучении населения предел средней годовой эффективной дозы облучения равен 0,001 зиверта (1 миллизиверт), допустимо облучение в размере годовой эффективной дозы облучения до 0,005 зиверта (5 миллизиверт) при условии, что средняя годовая эффективная доза облучения, исчисленная за пять последовательных лет, включая год, в котором предел средней годовой эффективной дозы облучения был превышен, не превысит 0,001 зиверта (1 миллизиверт);

при профессиональном облучении предел средней годовой эффективной дозы облучения равен 0,02 зиверта (20 миллизиверт), допустимо облучение в размере годовой эффективной дозы облучения до 0,05 зиверта (50 миллизиверт) при условии, что средняя годовая эффективная доза облучения, исчисленная за пять последовательных лет, включая год, в котором предел средней годовой эффективной дозы облучения был превышен, не превысит 0,02 зиверта (20 миллизиверт).

В целях реализации принципа оптимизации обеспечения радиационной безопасности устанавливаются граничные дозы облучения, референтные уровни доз облучения населения, референтные уровни содержания радионуклидов в окружающей среде, среде обитания человека, продукции, диагностические референтные уровни.

Граничные дозы облучения в виде значений дозы профессионального облучения, дозы облучения населения или риска облучения от источника ионизирующего излучения (граничный риск) устанавливаются в соответствии с законодательством в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения для оптимизации обеспечения радиационной безопасности населения и персонала в ситуации планируемого облучения. При медицинском облучении граничные дозы облучения устанавливаются применительно к лицам, обеспечивающим комфорт и уход за пациентами, и к лицам, участвующим в клинических испытаниях.

Для ситуаций аварийного и существующего облучения гигиеническими нормативами устанавливаются референтные уровни в виде уровней доз облучения населения, лиц, участвующих в ликвидации последствий радиационной аварии, аварийно-спасательных работах и дезактивации, радиационного риска или содержания (активности) радионуклидов в окружающей среде и среде обитания человека, выше которых облучение не допускается, а ниже которых следует продолжать оптимизацию обеспечения радиационной безопасности.

Радиационная безопасность населения в ситуации аварийного облучения обеспечивается недопущением превышения референтного уровня остаточной дозы облучения 0,1 зиверта (100 миллизиверт).

Содержание радионуклидов в продукции не должно превышать референтных уровней, установленных гигиеническими нормативами, если иное не предусмотрено международными договорами Республики Беларусь, техническими регламентами Таможенного союза, а также техническими регламентами Евразийского экономического союза и иными международно-правовыми актами, содержащими обязательства Республики Беларусь.

Диагностические референтные уровни облучения пациентов устанавливаются Министерством здравоохранения и используются для оценки уровней доз облучения пациентов в медицинской радиологической диагностике или уровней активности применяемого радиофармацевтического лекарственного средства (в случае радионуклидной диагностики) при типовых исследованиях однородных групп пациентов с использованием определенного вида радиационного устройства (радиофармацевтического лекарственного средства).

Нормативы предельно допустимого воздействия ионизирующего излучения устанавливаются Министерством здравоохранения.

На основании граничных доз облучения населения пользователями источников ионизирующего излучения разрабатываются и утверждаются нормативы допустимых выбросов и сбросов радиоактивных веществ в окружающую среду для конкретных радиационных объектов в порядке, установленном Советом Министров Республики Беларусь.

Учебное издание

Составители:

Марина Михайловна Барковская
Александр Иванович Пинчук
Сергей Владимирович Чугунов
Элеонора Валерьевна Чугунова

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению лабораторной работы

**«ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОДОВОЙ ЭФФЕКТИВНОЙ
ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ»**

по модулю «Радиационная безопасность»

Ответственный за выпуск: Барковская М. М.
Редактор: Винник Н. С.
Компьютерная вёрстка: Сирота А. Р.
Корректор: Дударук С. А.

Подписано в печать 20.12.2024 г. Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага «Performer».
Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 1,16. Уч. изд. л. 1,25. Заказ № 1268. Тираж 30 экз.
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1569 от 16.10.2017 г.

