

Новосибирский государственный аграрный университет
Инженерный институт

**ПРАКТИКУМ
ПО ВЕТЕРИНАРНОЙ
РАДИОБИОЛОГИИ**

НОВОСИБИРСК 2017

УДК
ББК

Кафедра Техносферной безопасности и электротехнологий

Составители: *Н.И. Мармулева*, канд. биол. наук, доц.;

Е.Л. Дзю, канд. биол. наук, доц.;

Л.А. Овчинникова, канд. с/х. наук, доц.

В.А. Понуровский, канд. техн. наук, доц.;

Рецензент В.В. Глущенко, канд. вет. наук, доц.

Практикум по ветеринарной радиобиологии / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т; сост. Н.И. Мармулева, Е.Л. Дзю, Л.А. Овчинникова, В.А. Понуровский – Новосибирск: Издательство НГАУ, 2017. – 93с.

В настоящем пособии изложен порядок проведения практических и лабораторных занятий, основные положения и принципы обеспечения радиационной безопасности человека, изложенные Санитарными правилами и нормами. Представлены термины и определения, необходимые для изучения материала.

Практикум предназначен для студентов очной и заочной формы обучения, по направлению подготовки **Ветеринария**.

Утверждены и рекомендованы к изданию учебно-методическим советом Инженерного института (протокол № 10 от 30.05.2017 г.).

© Новосибирский государственный
аграрный университет, 2017

ВВЕДЕНИЕ

Под радиационной безопасностью понимают комплекс научно обоснованных мероприятий по обеспечению защиты от воздействия ионизирующих излучений, включающий: разработку критериев оценки опасности ионизирующего излучения для отдельных групп людей; способы и методы оценки радиационной обстановки, ее контроля и прогнозирования; проектные, технические, медико-социальные и организационные мероприятия, обеспечивающие безопасные для здоровья условия использования ионизирующего излучения в сфере деятельности человека.

В результате изучения практикума по дисциплине студенты должны:

уметь:

- обосновывать уровень реальной радиационной опасности в зависимости от уровня и изотопного состава радионуклидного загрязнения;
- осуществлять измерение и контроль доз внешнего и внутреннего облучения для различных групп населения, проживающего на территориях, загрязненных радионуклидами;
- проводить радиометрический, дозиметрический и спектрометрический контроль сельскохозяйственной продукции и кормов на суммарную бета-активность, содержание стронция-90, цезия-137 или других нормируемых радионуклидов;
- использовать данные радиометрического и дозиметрического контроля для оценки реальной опасности и соответствия современным санитарно-гигиеническим и радиационным нормативам;
- составлять прогноз загрязнения сельскохозяйственной продукции и дозовых нагрузок на население в условиях радионуклидного загрязнения;

- применять данные радиометрического и дозиметрического контроля для разработки системы контроля в условиях конкретных хозяйств и территорий;

владеть:

- навыками работы на радиометрическом, дозиметрическом и спектрометрическом оборудовании, используемом в ветеринарных радиологических лабораториях;
- спектрометрическими и радиохимическими методами анализа кормов, продукции растениеводства и животноводства с целью идентификации изотопного состава радионуклидных загрязнений.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

ОСНОВЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Цель занятия: познакомиться с основными требованиями и нормативами, установленными Санитарными правилами и нормами СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)».

Время: 2 часа.

Методические указания

Нормирование или регламентация ионизирующих излучений является главной составляющей разработки мер радиационной защиты, состоящей в минимизации вредных последствий облучения на здоровье человека.

На практическом занятии необходимо:

- ознакомиться с терминами и определениями, необходимыми для изучения темы;
- изучить основные положения и принципы обеспечения радиационной безопасности человека во всех условиях воздействия на него ионизирующего излучения искусственного или природного происхождения, изложенные в НРБ-99/2009;
- дать полные ответы на контрольные вопросы, приведенные в методических указаниях к данной работе.

Термины и определения

Активность (A) – мера радиоактивности какого-либо количества радионуклида, находящегося в данном энергетическом состоянии в данный момент времени:

$$A = dN / dt ,$$

где dN – ожидаемое число спонтанных ядерных превращений из данного энергетического состояния, происходящих за промежуток времени dt .

Единицей активности является беккерель (Бк).

Используемая ранее внесистемная единица активности кюри (Ки) составляет $3,7 \times 10^{10}$ Бк.

Активность минимально значимая (МЗА) – активность открытого источника ионизирующего излучения в помещении или на рабочем месте, при превышении которой требуется разрешение органов государственной санитарно-эпидемиологической службы на использование этих источников, если при этом также превышено значение минимально значимой удельной активности.

Активность удельная (объемная) – отношение активности A радионуклида в веществе к массе m (объему V) вещества:

$$A_m = A/m; \quad A_v = A/V$$

Единица удельной активности – беккерель на килограмм, Бк/кг.

Единица объемной активности – беккерель на метр кубический, Бк/м³.

Вмешательство – действие, направленное на снижение вероятности облучения, либо дозы или неблагоприятных последствий облучения.

Доза поглощенная (D) – величина энергии ионизирующего излучения, переданная веществу:

$$D = d_e / d_m,$$

где d_e – средняя энергия, переданная ионизирующим излучением веществу, находящемуся в элементарном объеме, а d_m – масса вещества в этом объеме.

В единицах СИ поглощенная доза измеряется в джоулях, деленных на килограмм (Дж/кг(-1)), и имеет специальное название грей (Гр). Используемая ранее внесистемная единица рад равна 0,01 Гр.

Доза эквивалентная (H) – поглощенная доза в органе или ткани (D), умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного вида излучения, W:

$$H = WD$$

Единицей эквивалентной дозы является зиверт (Зв).

Доза эффективная (E) – величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности. Она представляет сумму произведений эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие взвешивающие коэффициенты:

$$E = \sum W_T H_T,$$

где H_T – эквивалентная доза в органе или ткани T, а W_T – взвешивающий коэффициент для органа или ткани T.

Единица эффективной дозы – зиверт (Зв).

Доза эффективная (эквивалентная) годовая – сумма эффективной (эквивалентной) дозы внешнего облучения, полученной за календарный год, и ожидаемой эффективной (эквивалентной) дозы внутреннего облучения, обусловленной поступлением в организм радионуклидов за этот же год. Единица годовой эффективной дозы – зиверт (Зв).

Доза эффективная коллективная – мера коллективного риска возникновения стохастических эффектов облучения; она равна сумме индивидуальных эффективных доз. Единица эффективной коллективной дозы – человеко-зиверт (чел.-Зв).

Мощность дозы – доза излучения за единицу времени (секунду, минуту, час).

Предел дозы (ПД)– величина годовой эффективной или эквивалентной дозы техногенного облучения, которая не должна превышать в условиях нормальной работы. Соблюдение предела годовой дозы предотвращает возникновение детерминированных эффектов, а вероятность стохастических эффектов сохраняется при этом на приемлемом уровне.

Предел годового поступления (ПГП)– допустимый уровень поступления данного радионуклида в организм в течение года, который при монофакторном воздействии приводит к облучению условного человека ожидаемой дозой, равной соответствующему пределу годовой дозы.

Уровень вмешательства (УВ)– уровень радиационного фактора, при превышении которого следует проводить определенные защитные мероприятия.

Эффекты излучения детерминированные– клинически выявляемые вредные биологические эффекты, вызванные ионизирующим излучением, в отношении которых предполагается существование порога, ниже которого эффект отсутствует, а выше – тяжесть эффекта зависит от дозы.

Эффекты излучения стохастические– вредные биологические эффекты, вызванные ионизирующим излучением, не имеющие дозового порога возникновения, вероятность возникновения которых пропорциональна дозе и для которых тяжесть проявления не зависит от дозы.

Регламентация радиационного воздействия в России

Вопросами гигиенической регламентации (нормирования) ионизирующих излучений в России занимается научная комиссия по радиационной защите, в функции которой входит анализ отечественных и зарубежных исследований радиационной безопасности, а также совершенствование законодательных актов, регламентирующих радиационное воздействие на человека и окружающую среду.

К 20013 г. в России действуют основные регламентирующие документы:

1. Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» – ФЗ № 3 от 09. 01. 1996 г.

2. Федеральный закон «О санитарно-Эпидемиологическом благополучии населения» – ФЗ № 52 от 30. 03. 1999 г.

3. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010).

4. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009).

Санитарные правила и нормы СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)» и санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)» утверждены Постановлением государственного санитарного врача Российской Федерации от 7 июля 2009 г. № 47 взамен НРБ-99 и ОСПОРБ-99.

НРБ-99/2009 (далее – Нормы) являются основополагающим документом, регламентирующим требования Федеральных законов «О радиационной безопасности населения» и «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».

ОСПОРБ 99/2010 (далее – Правила) устанавливают требования по защите людей от вредного радиационного воздействия при всех условиях облучения от источников ионизирующего излучения (далее – ИИИ), на которые распространяется действие НРБ-99/2009.

Требования и нормативы, установленные Нормами и Правилами, являются обязательными для всех административных органов и граждан Российской Федерации, а также проживающих на ее территории иностранных граждан.

Обеспечение радиационной безопасности основывается на трех принципах:

- непревышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников излучения (принцип нормирования);

- запрещение всех видов деятельности по использованию источников излучения, при которых полученная для человека и

общества польза не превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным облучением (принцип обоснования);

- поддержание на возможно низком уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц (принцип оптимизации).

Классы нормативов для отдельных категорий облучаемых лиц и основные пределы доз для них. При нормальных условиях эксплуатации источников излучения устанавливаются следующие категории облучаемых лиц:

- персонал (группы А и Б);
- все население, включая лиц из персонала вне сферы и условий их производственной деятельности.

Для категорий облучаемых лиц устанавливаются два класса нормативов:

- основные пределы доз (ПД), приведенные в таблице 1;
- допустимые уровни монофакторного воздействия (для одного радионуклида, одного вида внешнего облучения), пределы годового поступления (ПГП), допустимые среднегодовые объемные активности (ДОВА) и другие.

Таблица 1.

Основные пределы доз (ПД)

Нормируемые величины	Пределы доз	
	персонал (группа А)	население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год

Примечание: основные пределы доз, как и все остальные допустимые уровни воздействия персонала группы Б, равны 1/4 значений для персонала группы А.

Основные требования к ограничению облучения персонала и населения в соответствии с принципом оптимизации (НРБ-99/2009). Следует принимать меры как по снижению дозы облучения у отдельных лиц, так и по уменьшению числа лиц, подвергающихся облучению. Облучение населения техногенными источниками ограничивается путем контроля технологических процессов и ограничения выброса (сброса) радионуклидов в окружающую среду.

Эффективная доза для персонала не должна превышать за период трудовой деятельности (50 лет) 1000 мЗв, а для населения за период жизни (70 лет) – 70 мЗв.

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

Планируемое повышенное облучение персонала группы А выше установленных пределов доз может быть разрешено только в случае необходимости спасения людей или предотвращения их облучения. Планируемое повышенное облучение допускается для мужчин старше 30 лет лишь при их добровольном письменном согласии, после информирования о возможных дозах облучения и риске для здоровья.

Планируемое повышенное облучение в эффективной дозе до 100 мЗв в год допускается организациями, осуществляющими государственный санитарно-эпидемиологический надзор на уровне субъекта РФ, а облучение в эффективной дозе до 200 мЗв в год допускается только федеральными органами исполнительной власти.

Облучение эффективной дозой свыше 200 мЗв в течение года должно рассматриваться как потенциально опасное. Лица, подвергшиеся такому облучению, должны немедленно выводиться

из зоны облучения и направляться на медицинское обследование.

Допустимые значения содержания радионуклидов в пищевых продуктах, питьевой воде и воздухе, соответствующие пределу дозы техногенного облучения 1 мЗв/год, рассчитываются на основании значений дозовых коэффициентов при поступлении радионуклидов через органы пищеварения, дыхания и внешнего облучения людей.

При радиационной аварии или обнаружении радиоактивного загрязнения, если предполагаемая доза излучения за короткий срок (2 суток) достигает уровней, при превышении которых возможны детерминированные эффекты (табл. 2), необходимо срочное вмешательство (меры защиты).

Таблица 2.

Прогнозируемые уровни облучения, при которых необходимо срочное вмешательство

Орган или ткань	Поглощенная доза в органе или ткани за 2 суток, Гр
Все тело	1
Кожа	3
Щитовидная железа	5
Хрусталик глаза	2

Уровни вмешательства для временного отселения населения составляют: для начала временного отселения – 30 мЗв в месяц, для окончания временного отселения 10 мЗв в месяц. Если прогнозируется, что накопленная за один месяц доза будет находиться выше указанных уровней в течение года, следует решать вопрос об отселении населения на постоянное место жительства.

Предварительная оценка качества питьевой воды по показателям радиационной безопасности может быть дана по удельной суммарной альфа- ($A\alpha$) и бета-активности ($A\beta$). При значениях $A\alpha$ и $A\beta$ ниже 0,2 и 1,0 Бк/кг соответственно дальнейшие ис-

следования воды не являются обязательными. В случае превышения указанных уровней проводится анализ содержания радионуклидов в воде.

Таблица 3.

Уровни вмешательства (Бк/кг) по содержанию отдельных радионуклидов в питьевой воде

Нуклид	УВ, Бк/кг	Нуклид	УВ, Бк/кг
Cs-137	1	I-131	6,2
Sr-85	240	Cs-131	240
Sr-90	4,9	Cs-134	7,2

Контрольные вопросы к практической работе № 1

1. Радиоактивность. Активность (удельная, объемная, минимально значимая). Единицы измерения активности.
2. Дозы излучения (поглощенная, эквивалентная, эффективная). Единицы измерения.
3. Доза эффективная (эквивалентная) годовая.
4. Предел дозы (ПД). Предел годового поступления.
5. Вмешательство. Уровень вмешательства.
6. Эффекты излучения детерминированные и стохастические.
7. Основные регламентирующие документы в России.
8. Три принципа обеспечения радиационной безопасности.
9. Категории облучаемых лиц. Классы нормативов для отдельных категорий облучаемых лиц.
10. Назвать годовую эффективную дозу для разных категорий облучаемых лиц (А, Б и В). Эффективная доза для персонала за период трудовой деятельности. Эффективная доза для населения за период жизни.
11. Основные требования к планируемому повышенному облучению персонала группы А.

12. Основные требования к ограничению облучения населения.
13. Уровни вмешательства для временного отселения и для решения вопроса об отселении населения на постоянное место жительства.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРСОНАЛА, РАБОТАЮЩЕГО С ИСТОЧНИКАМИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Цель занятия:изучить основы организации работы с радиоактивными веществами и оборудованием радиоизотопных лабораторий, установленными ОСПОРБ – 99/2010.

Время:2 часа.

Методические указания

Ионизирующие излучения не могут быть обнаружены ни одним из наших анализаторов, в результате чего может происходить неконтролируемое облучение. Поэтому проблема обеспечения радиационной безопасности населения и персонала, работающего с источниками ионизирующих излучений, является одной из самых актуальных.

Необходимо ознакомиться с основными положениями и принципами обеспечения радиационной безопасности персонала, работающего с открытыми и закрытыми источниками ионизирующих излучений, изложенными в ОСПОРБ 99/2010, в том числе:

- организация работы с радиоактивными веществами и оборудованием радиоизотопных лабораторий;
- методы индивидуальной защиты и личной гигиены персонала;
- радиационный контроль при работе с техногенными источниками излучения.

В процессе изучения темы нужно дать полные ответы на контрольные вопросы, приведенные в методических указаниях к данной работе.

Термины и определения

Источник ионизирующего излучения– радиоактивное вещество или устройство, испускающее или способное испускать ионизирующее излучение.

Источник радионуклидный закрытый– источник излучения, устройство которого исключает поступление содержащихся в нем радионуклидов в окружающую среду.

Источник радионуклидный открытый– источник излучения, при использовании которого возможно поступление содержащихся в нем радионуклидов в окружающую среду.

Место рабочее– место пребывания персонала для выполнения производственных функций в условиях воздействия ионизирующего излучения в течение более половины рабочего времени или 2 часов непрерывно.

Санитарно-защитная зона – территория вокруг источника ионизирующего излучения, на которой уровень облучения людей в условиях нормальной эксплуатации данного источника может превысить установленный предел дозы облучения населения.

Зона наблюдения– территория за пределами санитарно-защитной зоны, на которой проводится радиационный контроль.

Санпропускник – комплекс помещений, предназначенных для смены одежды, обуви, санитарной обработки персонала, контроля радиоактивного загрязнения кожных покровов, средств индивидуальной защиты, специальной и личной одежды персонала.

Саншлюз – помещение между зонами радиационного объекта, предназначенное для предварительной дезактивации и смены дополнительных средств индивидуальной защиты.

Организация работ с источниками излучения

Согласно требованиям ОСПОРБ – 99/2010, источники излучения подлежат обязательному учету и контролю. Юридическим и физическим лицам, осуществляющим деятельность в области обращения с источниками излучения, необходимо иметь специальное разрешение (лицензию) на право проведения этих работ.

Лицензия выдается органами, уполномоченными на ведение лицензирования только при наличии санитарно-эпидемиологического заключения о соответствии условий работы с источниками излучения санитарным правилам, которое действительно на срок не более 5 лет.

К моменту получения источника излучения руководитель предприятия утверждает список лиц, допущенных к работе с ним, обеспечивает их необходимое обучение, назначает лиц, ответственных за обеспечение радиационной безопасности, учет и хранение источников излучения, за организацию сбора, хранения и сдачу радиоактивных отходов, радиационный контроль.

К работе с источниками излучения допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющие медицинских противопоказаний, отнесенные приказом руководителя к категории персонала группы А, прошедшие обучение по правилам работы с источником излучения и по радиационной безопасности, прошедшие инструктаж по радиационной безопасности.

Радионуклидные источники излучения учитываются по радионуклиду, наименованию препарата и активности, указанным в сопроводительных документах.

Источники излучения, не находящиеся в работе, должны храниться в хранилищах, исключающих доступ к ним посторонних лиц. Источники излучения, не пригодные для дальнейшего использования, должны своевременно списываться и сдаваться на переработку или захоронение.

Устройство лабораторий при работе с закрытыми радионуклидными источниками

Согласно Правилам устройство, в которое помещен закрытый радионуклидный источник, должно быть устойчивым к механическим, химическим, температурным и другим воздействиям, иметь знак радиационной опасности. Не допускается использование закрытых радионуклидных источников в случае нарушения их герметичности, а также по истечении установленного срока эксплуатации.

Рабочая часть установок должна размещаться в отдельном помещении; материал и толщина стен, пола, потолка этого помещения должны обеспечивать ослабление ионизирующего излучения в смежных помещениях и на территории организации до допустимых значений.

Пульт управления таким аппаратом (установкой) должен размещаться в отдельном от источника излучения помещении. Входная дверь в помещение, где находится аппарат, должна блокироваться так, чтобы исключить возможность случайного облучения персонала. Поверхности стен, пола и потолка должны быть гладкими, легко очищаемыми и допускать влажную уборку.

В целях обеспечения радиационной безопасности персонала и населения следует:

- направлять ионизирующее излучение в сторону земли или туда, где отсутствуют люди;
- удалять источники излучения от обслуживающего персонала и других лиц на возможно большее расстояние;
- ограничивать время пребывания людей вблизи источников излучения;
- вывешивать знак радиационной опасности и предупредительные плакаты, которые должны быть отчетливо видны с расстояния не менее 3 м.

Работа с открытыми источниками излучения

Радионуклиды как потенциальные источники внутреннего облучения разделяются по степени радиационной опасности на четыре группы (табл.4) в зависимости от минимально значимой активности (МЗА).

Таблица 4.

**Степень опасности и минимально значимая
активность радионуклидов**

Группа	Степень радиотоксичности	Минимально значимая активность, Бк	Радионуклиды
А	Особо высокая	10^3	^{210}Po , ^{226}Ra , ^{232}U , ^{238}Pu , ^{239}Pu и др.
Б	Высокая	От 10^4 до 10^5	^{90}Sr , ^{126}I , ^{131}I , ^{224}Ra , ^{235}U , ^{144}Ce и др.
В	Средняя	От 10^6 до 10^7	^{60}Co , ^{137}Cs , ^{32}P , ^{45}Ca , ^{89}Sr , ^{90}Y , ^{140}Ba и др.
Г	Малая	Более 10^8	^3H , ^{14}C , ^{55}Fe , ^{65}Zn , ^{54}Mn , ^{64}Cu , ^{197}Pt , ^{197}Hg и др.

Все работы с использованием открытых источников излучения разделяются на три класса (табл. 5). Класс работ устанавливается в зависимости от группы радиационной опасности радионуклида и его активности на рабочем месте, при условии, что удельная активность радионуклида превышает его МЗА.

Таблица 5.

**Класс работ с открытыми источниками
излучения**

Класс работ	Суммарная активность на рабочем месте, Бк		
1-й	Более 10^8		
2-й	От 10^5 до 10^8		
3-й	От 10^3 до 10^5		

В случае нахождения на рабочем месте радионуклидов разных групп радиационной опасности их активность приводится к группе А радиационной опасности по формуле:

$$C_{\Sigma} = C_A + MZA_A \sum (C_i/MZA_i)$$

где C_{Σ} – суммарная активность, приведенная к активности группы А, Бк;

C_A – суммарная активность радионуклидов группы А, Бк;

MZA_A – минимально значимая активность для группы А, Бк;

C_i – активность отдельных радионуклидов, не относящихся к группе А;

MZA_i – минимально значимая активность отдельных радионуклидов, Бк.

Основные требования к размещению, планированию и оборудованию радиоизотопных лабораторий с открытыми источниками излучения

Работы 3-го класса должны проводиться в отдельных помещениях с наличием общеобменной и местной приточно-вытяжной вентиляции и душевой. Работы, связанные с возможностью радиоактивного загрязнения воздуха, должны проводиться в вытяжных шкафах.

Работы 2-го класса должны проводиться в изолированных помещениях постоянного и временного пребывания персонала, оборудованные общеобменной и местной приточно-вытяжной вентиляции, а также вытяжными шкафами. В составе этих помещений должен быть санпропускник или саншлюз.

Работы 1-го класса должны проводиться в отдельном здании только через санпропускник. Рабочие помещения должны быть оборудованы боксами, герметичным оборудованием. Помещения, разделяются на три зоны:

1-я зона – необслуживаемые помещения, где размещаются технологическое оборудование и коммуникации, являющиеся основными источниками излучения и радиоактивного загрязнения. Пребывание персонала в необслуживаемых помещениях

при работающем технологическом оборудовании не допускается;

2-я зона – помещения временного пребывания персонала, предназначенные для ремонта оборудования, загрузкой и выгрузкой радиоактивных веществ, временного хранения сырья, готовой продукции и радиоактивных отходов;

3-я зона - помещения постоянного пребывания персонала.

Для исключения распространения радиоактивного загрязнения между 2-й и 3-й зонами оборудуются саншлюзы.

Для снижения уровней внешнего облучения персонала от открытых источников излучения должны использоваться системы автоматизации и дистанционного управления, экранирование источников излучения и сокращение времени выполнения рабочих операций.

Для работ 1-го и 2-го классов площадь помещения в расчёте на одного работающего должна быть не менее 10 м².

Полы и стены помещений, оборудование и рабочая мебель должны иметь гладкую поверхность, простую конструкцию и слабосорбирующие покрытия, облегчающие удаление радиоактивных загрязнений.

Методы индивидуальной защиты и личной гигиены персонала

В помещениях для работ с радиоактивными веществами в открытом виде не допускаются:

- пребывание сотрудников без необходимых средств индивидуальной защиты;
- прием пищи, курение, пользование косметическими принадлежностями;
- хранение пищевых продуктов, табачных изделий, домашней одежды, косметических принадлежностей и других предметов, не имеющих отношения к работе.

Для приема пищи должно быть предусмотрено специальное помещение, оборудованное умывальником для мытья рук с подводкой горячей воды, изолированное от помещений, где ведутся работы с применением радиоактивных веществ в открытом виде.

Радиационный контроль при работе с техногенными источниками излучения

Радиационный контроль включает индивидуальный дозиметрический контроль персонала и контроль радиационной обстановки.

Индивидуальный дозиметрический контроль проводится с целью определения годовых доз персонала и включает:

- контроль за характером, динамикой и уровнями поступления радионуклидов в организм;
- контроль за эффективной дозой внешнего облучения персонала;
- контроль за эквивалентными дозами облучения хрусталиков глаз, кожи, кистей и стоп персонала с использованием индивидуальных дозиметров или расчетным способом.

Контроль за радиационной обстановкой в зависимости от характера проводимых работ включает:

- измерение мощности дозы рентгеновского, гамма- и нейтронного излучений, плотности потоков частиц ионизирующего излучения на рабочих местах, на территории радиационного объекта;
- измерение уровней загрязнения радиоактивными веществами рабочих поверхностей, оборудования, транспортных средств, средств индивидуальной защиты, кожных покровов и одежды персонала;
- измерение или оценку активности выбросов и сбросов радиоактивных веществ;
- определение уровней радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения и т.д.

Результаты индивидуального контроля доз облучения персонала должны храниться в течение 50 лет. При проведении инди-

видуального контроля необходимо вести учет годовых эквивалентных доз, а также суммарной накопленной дозы за весь период профессиональной работы.

Результаты радиационного контроля сопоставляются со значениями пределов доз. О случаях превышения годовых пределов эффективных доз для персонала, установленных НРБ-99/2009, администрация должна информировать органы исполнительной власти, уполномоченные осуществлять государственный санитарно-эпидемиологический надзор.

Контрольные вопросы к практической работе № 2

1. Источник ионизирующего излучения (ИИИ) (закрытый и открытый).
2. Общие правила организации работ с ИИИ.
3. Устройство лабораторий при работе с закрытыми источниками.
4. Степени радиационной опасности радионуклидов.
5. Классы работ с использованием открытых источников излучения.
6. Основные требования к размещению, планированию и оборудованию радиоизотопных лабораторий с открытыми источниками 2-го и 3-го класса.
7. Зоны, на которые разделяются помещения 1-го класса работ. Основные требования к размещению, планированию и оборудованию работ 1-го класса.
8. Основные мероприятия по радиационной безопасности при работе с открытыми источниками излучения.
9. Методы индивидуальной защиты и личной гигиены персонала при работе с открытыми источниками.
10. Радиационный контроль при работе с техногенными источниками излучения.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

ДОЗИМЕТРИЯ И РАДИОМЕТРИЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Цель занятия: познакомиться с основами дозиметрии и радиометрии, принципами и методами контроля радиоактивного загрязнения окружающей среды.

Время: 2 часа.

Методические указания

На практическом занятии необходимо:

- изучить основы дозиметрии и радиометрии;
- сформировать представление о методах контроля радиоактивного загрязнения окружающей среды;
- ознакомиться с классификацией, принципами действия и блок-схемой радиометрических и дозиметрических приборов;
- дать полные ответы на контрольные вопросы, приведенные в методических указаниях к данной работе.

Дозиметрия— раздел прикладной ядерной физики, в котором рассматриваются свойства ионизирующих излучений, физические величины, характеризующие взаимодействие излучения с веществом (дозиметрические величины), а также методы и приборы для их качественного и количественного измерения и расчета поглощенных доз при внешнем и внутреннем облучении.

Основной задачей дозиметрии является определение дозы излучения в различных средах и особенно в тканях живого организма.

Дозиметрические данные представляют большое значение для количественной и качественной оценки биологического эффекта доз ионизирующих излучений при внешнем и внутреннем облучении организма. С помощью дозиметрии контролируется

радиационная безопасность при работе с радиоактивными веществами.

Радиометрия – процесс измерения количества радиоактивных изотопов, определения их концентрации в различных объектах.

Радиометрию рассматривают как составную часть дозиметрии, так как дозиметрия и радиометрия базируются на общих методических принципах обнаружения и регистрации ионизирующих излучений.

Методы контроля радиоактивного загрязнения окружающей среды

В зависимости от вида регистрируемого эффекта различают ионизационный, сцинтилляционный, фотографический, химический, люминесцентный и другие методы.

Ионизационный. Наиболее распространен в практике. Ионизационные детекторы измеряют эффект взаимодействия излучения с веществом – ионизацию газовой среды, заполняющей герметичную камеру (ионизационная камера, пропорциональные счетчики, газоразрядный счетчик Гейгера-Мюллера, коронные и искровые счетчики).

Ионизационная камера представляет собой цилиндрический конденсатор между электродами, которых находятся воздух или газ.

Сцинтилляционный – один из самых старых методов. Основан на способности некоторых веществ испускать световые вспышки под действием излучений.

Фотографический – основан на изменении степени почернения фотоэмульсии.

Химический – основан на изменении степени окраски после облучения некоторых химических веществ. По плотности окраски определяют дозу.

Люминесцентный – вещество излучают, затем нагревают и оно светится.

Приборы для измерения ионизирующих излучений

Все дозиметрические и радиометрические приборы устроены по принципу регистрации радиационно-индуцированных эффектов в некотором модельном объекте — детекторе ионизирующего излучения.

Действие всех детекторов ядерных излучений основано на ионизации или возбуждении заряженными частицами атомов вещества, заполняющего рабочий объём детектора. Прохождение всех ядерных частиц через вещество сопровождается образованием свободных электронов, ионов, возникновением световых вспышек, а также химическими и тепловыми эффектами. В результате этого излучения могут быть зарегистрированы по появлению электрических сигналов тока либо по почернению фотоэмульсии и др. Электрические сигналы обычно невелики и требуют усиления. Мерой интенсивности потока ядерных частиц является сила тока, средняя частота электрических импульсов, степень почернения фотоэмульсии и т.д.

В настоящее время выпускают стационарные, носимые и индивидуальные дозиметрические и радиометрические приборы. *Стационарные дозиметры* применяют в клинической практике, а носимые используют для оценки радиационной обстановки в целях радиационной защиты. Они имеют автономное питание и потому могут использоваться в любой обстановке.

Индивидуальные дозиметры предназначены для оценки дозы, получаемой лицами, работающими в контакте с ионизирующим излучением (рис.1). Они могут быть прямопоказывающими или состоять из носимых персоналом ионизационных или термолюминесцентных детекторов, показания которых, пропорциональные дозе излучения, определяются на специальном считывающем устройстве.



Рис. 1. Комплекты индивидуальных дозиметров гамма- и рентгеновского излучения ДВГИ-8Д

Индивидуальные дозиметры на основе ионизационных камер, разработанные с применением современных технологий, имеют электронный считыватель и электронные идентификаторы. В состав входят дозиметры – 10 шт. и контрольно-считывающее устройство КСУ-01.

В соответствии с функциональным назначением приборы для проведения дозиметрии и радиометрии можно условно разбить на три группы:

Радиометры – эти приборы с газоразрядными, сцинтилляционными счетчиками и другими детекторами, предназначенные для измерения активности радиоактивных препаратов и источников излучения, для определения плотности потока или интенсивности ионизирующих излучений, удельной поверхностной активности предметов, удельной и объёмной активности аэрозолей, газов и жидкостей, продуктов животного и растительного происхождения. Радиометры имеют одинаковую блок-схему прибора:

- детектор;
- импульсный усилитель;
- расчетное устройство и (или) специальное компьютерное обеспечение;

- регистрирующее устройство для считывания информации;
- источник питания.

Дозиметры– приборы, измеряющие экспозиционную и поглощенную дозы излучения или соответствующие мощности доз (рис. 2). Дозиметры состоят из трёх основных частей: детектора излучений, усилителя, регистрирующего (считывающего) устройства.



Рис. 2. Карманный прибор для измерения уровня радиации (радиационного фона).

Дозиметр радиации РАДЭКС РД 1706

Детекторами излучения в дозиметрах могут быть ионизационные камеры, газоразрядные и сцинтилляционные счетчики и др. Регистрирующим устройством может быть микроампер или устройство для цифровой, световой, звуковой индикации результатов измерений.

Широко применяется при проведении радиационных обследований Дозиметр-радиометр ДРБП-03. Состоит из пульта, имеющего встроенный детектор гамма-излучения, выносного блока детектирования гамма-излучения и выносного блока альфа- и бета-излучения. Можно определить дозу, мощность дозы гамма-излучения, плотность потока альфа-бета-излучения (рис.3).



Рис.3. Дозиметр индивидуальный рентгеновского и гамма-излучений ДКГ РМ-1621/РМ-1621А.



Рис. 4. Дозиметр-радиометр "ДРБП-03"

В группе радиометров можно выделить «чистые» радиометры, радиометры – измерители мощности дозы и комбинированные приборы (рис.4).

Радиометры «чистые»(рис.5)предназначены для определения:

- суммарной активности ($A_{\text{сум}}$) в Бк, Ки, β расп/мин;
- объемной (удельной) активности ($A_{\text{об}}$, $A_{\text{уд}}$) в количестве распадов за единицу времени на единицу объема, массы (Бк/л, Ки/кг и т.д.).



Рис.5. Радиометр РЗБ-07 Д

Радиометры – измерители мощности дозы позволяют определять поверхностную β – активность (плотность потока β -излучения) в β -распадах в мин. на см^2 . Также с их помощью определяют мощность дозы γ излучения в рад/ч, Зв/ч или их производных (рис 6).



Рис.6. Детектор радиационного излучения «QUARTEX Model RD 8901» для измерения мощности поглощенной дозы гамма- и бета-излучения на местности, зараженной цезием-137

Комбинированные приборы могут соединять в себе все функции (рис.7).



Рис.7. Дозиметр-радиометр радиации МКС-05 ТЕРРА удобный и функциональный прибор для определение радиоактивной обстановки и дозовой нагрузки на человека

Спектрометры – приборы, предназначенные для определения изотопного и массового состава радионуклидов (рис.8, 9).



Рис.8. Спектроколориметр СЭ

Спектрометры состоят из следующих элементов (рис.10): детектора, который служит для преобразования энергии гамма-квантов в электрический импульс; предусилителя, усиливающего сигнал; блока питания детектора и предусилителя; спектрометрического усилителя, формирующего сигнал нужной формы и защищающего последующие устройства от шумов малой амплитуды, отсекая их специальным дискриминатором; аналого-

цифрового преобразователя (АЦП), измеряющего амплитуду каждого импульса и накапливающего информацию о них в памяти; монитора (осциллограф или экран компьютера), который служит для визуализации гистограмм поступивших импульсов.



Рис.9. Спектрометр $\beta + \gamma$



Рис.10. Структурная схема спектрометра

Контрольные вопросы к практической работе № 3

1. Дозиметрия. Задачи дозиметрии.
2. Радиометрия. Задачи радиометрии.
3. Единицы измерения доз излучения и радиоактивности вещества.
4. Методы контроля радиоактивного загрязнения окружающей среды.
5. Ионизационные детекторы.
6. Принцип работы приборов для измерения ионизирующих излучений.
7. Дозиметры стационарные и индивидуальные.
8. Блок-схема дозиметров. Назначение дозиметров.
9. Классификация, блок-схема радиометров и их назначение.
10. Спектрометры, их назначение.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

ПРАВИЛА ОТБОРА ПРОБ ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОГО И РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ, КОРМОВ С ЦЕЛЮ ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЯ ИХ КАЧЕСТВА

Цель занятия: изучить правила отбора проб продуктов питания и кормов для лабораторного контроля на содержание в них радиоактивных веществ согласно Методическим указаниям (МУ) по отбору проб.

Время: 2 часа.

Методические указания

МУ по отбору проб разработаны 21 мая 2009 г. Центральной научно-методической ветеринарной лабораторией при взаимодействии с Управлением ветеринарного надзора Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору. МУ соответствуют требованиям федеральных законов и иных нормативных и правовых документов:

- Федеральный закон от 02.01.2000 N 29-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов»;
- СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов"» с изменениями и дополнениями;
- ГОСТ 7269-79. Мясо. Методы отбора образцов и органолептические методы определения свежести;
- ГОСТ 7631-85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы отбора проб для лабораторных испытаний;
- ГОСТ 26809-86. Молоко и молочные продукты. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу;
- ГОСТ 30364.0-97. Продукты яичные. Методы отбора проб и органолептического анализа;
- ГОСТ 27262-87. Корма растительного происхождения;
- "Методические указания по отбору проб САС/GL 50-2004. Кодекс Алиментариус;
- Регулирование Европейского Парламента и Совета 854/2004 от 29 апреля 2004 г. об особых правилах организации официального контроля над продукцией животного происхождения, предназначенной для потребления человеком в пищу.

Основные термины и определения

Лот— определенное количество продукции, произведенной при условиях, считающихся одинаковыми.

Партия – количество однородной продукции, изготовленной одним производителем в одинаковых условиях, оформленное одним сопроводительным документом и доставленное одновременно. Она может состоять из части лота или из набора нескольких лотов.

Точечная проба— минимальное количество продукции, отобранное из одного места за один прием от данной партии для составления объединенной пробы.

Объединенная проба – совокупность отобранных от однородной продукции, точечных проб, предназначенная для составления средней пробы.

Средняя проба– часть объединенной пробы, предназначенная для проведения исследований - формирования лабораторной и контрольной проб.

Лабораторная проба– часть средней пробы, предназначенная для формирования тестового образца, направляемого на исследования.

Контрольная проба– часть средней пробы, хранящаяся в лаборатории или у владельца продукции и предназначенная для повторного или арбитражного исследования.

Инкремент– некоторое количество материала, отобранное одновременно из большого общего объема для формирования пробы.

Выборка– совокупность единиц продукции, отобранной для контроля из партии.

Транспортная тара– упаковка для размещения продукции, образующая самостоятельную транспортную единицу (контейнер, мешок, коробка, фляга и др.).

Потребительская тара– тара, поступающая к потребителю с продукцией и не представляющая собой самостоятельную транспортную единицу (бутылка, банка, пакет и др.).

Правила, порядок отбора проб объектов ветеринарного надзора

Отбор проб продукции осуществляют специалисты, имеющие специальное образование (ветеринарный врач, ветеринарный фельдшер) и прошедшие повышение квалификации по правилам и методам отбора проб. Отбор проб проводится в присутствии владельца (или представителя владельца) продукции.

При проведении надзора, контроля импортируемой или экспортируемой продукции отбор, хранение и доставку проб в лабораторию осуществляют специалисты управлений Федераль-

ной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзора).

Для проведения анализа на содержание радиоактивных веществ (Cs-137, Sr-90) масса навески при однократном исследовании должна быть не менее 250 г.

Упаковка, хранение и пересылка лабораторных и контрольных проб

Пробы должны быть доставлены в лабораторию максимально быстро, с соблюдением мер против протекания, высушивания, повреждения (пробы скоропортящихся продуктов охлаждают или замораживают, помещают в сумку-холодильник или обкладывают сухим льдом).

Время доставки проб, отобранных в целях государственного ветеринарного лабораторного контроля и надзора, не должно превышать для скоропортящихся продуктов 24 часов, а для прочих 36 часов с момента отбора, если иное не установлено действующими нормативными документами.

Жидкие пробы (молоко, вода и др.) помещают в сухую чистую, в необходимых случаях стерильную, стеклянную или полиэтиленовую посуду, пломбируют или упаковывают в сейф-пакет и маркируют.

Пробы объемных (сено, солома, корнеклубнеплоды и др.) и сыпучих кормов (зерно, комбикорм, мясокостная мука и т.п.) помещают в сейф-пакеты, двухслойные полиэтиленовые или бумажные мешки, завязывают, опломбируют и маркируют.

Каждый опечатанный образец идентифицируют. Способ идентификации образцов должен исключать возможность изменения данных о пробе. Этикетка может быть упакована вместе с пробой. На все отправляемые в лабораторию пробы составляют сопроводительные письма с описью. В сопроводительном письме указывают: куда направляют пробы, их количество, наименование образцов, цель исследования, даты отбора. Опись должна содержать шифр каждой пробы и полную информацию о ней, изложенную в акте отбора, за исключением информации,

позволяющей установить владельца или производителя продукции.

Специалисты, осуществляющие отбор проб, составляют акт отбора проб в трех экземплярах. Журнал регистрации проб должен быть пронумерован, прошнурован и опечатан. Срок хранения журнала не менее 2 лет.

Отбор проб продуктов животноводства

Мясо.

На мясокомбинатах и холодильниках от каждой однородной партии в выборку включают не более 10% туш (полутуш) крупного рогатого скота, 5% туш овец, свиней. Точечную пробу отбирают целым куском массой не менее 200 г в одном из следующих мест: у зареза – напротив 4 – 5-го шейных позвонков или в области толстых частей мышц.

Из полученных точечных проб формируют объединенную, далее среднюю, лабораторную и контрольную пробы. Для формирования средней пробы массой 0,2 - 3,0 кг мясо нарезают маленькими, по 10 - 15 г, кусочками ножом или пропускают через мясорубку и перемешивают.

Тушки птиц отбирают от поставляемой на реализацию партии методом случайной выборки. Число средних проб зависит от количества упаковок в партии и устанавливается в соответствии с таблицей 4. Кур, уток отбирают тушками и полутушками, гусей и индеек – четвертинами тушек.

Рыба.

Для контроля живой, свежей, охлажденной рыбы из разных партий отбирают 1 - 2% рыбы по массе. Точечные пробы отбирают с учетом размеров рыбы: от партий мелкой рыбы – целыми тушами (до 6 рыб при массе одного экземпляра от 0,1 до 0,5 кг, 3 рыбы при массе экземпляра от 0,5 до 1,0 кг); при массе одного экземпляра более 1 кг пробы берут от 3 рыб – около приголовки, средней и предхвостовой частей.

Молочные продукты.

Для контроля качества молока и молочных продуктов в цистернах отбирают объединенную пробу от каждой партии продукта. Объем объединенной пробы не более 1,5 л.

От молока, сливок, выпускаемых во флягах, выборке подлежит 5% фляг. Перед отбором проб молоко перемешивают мутовкой. Пробы отбирают металлической трубкой, погружая ее до дна фляги. Пробу переносят из каждой фляги, попавшей в выборку, в чистый сосуд, который споласкивают исследуемым продуктом, и оттуда, после перемешивания, выделяют средний образец объемом 500 куб. см.

Объем выборки от партии молока, сливок и мороженого в транспортной таре составляет 5% единиц транспортной тары с продукцией; при наличии в партии менее 20 единиц отбирают одну.

Объем выборки от партии сметаны, творога, творожной массы, домашнего сыра в транспортной таре составляет 10% единиц транспортной тары с продукцией. При наличии в партии менее 10 единиц отбирают одну. Отбор точечных проб жидких, вязких и сгущенных продуктов проводят чистой кружкой, черпаком, металлической или пластмассовой трубкой.

Оборудование, используемое для отбора проб, должно быть изготовлено из нержавеющей стали, алюминия или полимерных материалов, разрешенных для применения в пищевой промышленности. Допускается отбирать пробы масла, сыра, сухих молочных продуктов в пергамент.

Точечные пробы сыра отбирают с двух противоположных сторон каждой головки сыра, включенной в выборку, щупом, вводя его на глубину $\frac{3}{4}$ длины.

Щуп вводят с торцевой стороны ближе к центру; у мелких сыров, имеющих круглую форму, щуп вводят с верхней части головки до центра. От вынутого столбика сыра отделяют корковый слой длиной 1,5 см и для испытаний берут оставшийся отрезок длиной 4,5 см. Общая масса среднего образца должна быть не меньше 1,0 кг. Верх от столбика сыра возвращают на

место, поверхность сыра заливают подогретым парафином или оплавляют нагретой металлической пластинкой.

При отборе проб масла точечные пробы отбирают щупом. При температуре масла ниже 10 °С щуп нагревают в воде до 38...40 °С. Для составления объединенной пробы от нижней части столбика масла, взятого щупом из каждой единицы транспортной тары, отбирают ножом точечную пробу около 50 г и помещают в посуду для составления объединенной пробы.

Продукция пчеловодства (мед, воск).

От каждой упаковки (бочки, фляги) отбирают точечные пробы. Образцы жидкого меда берут трубчатым алюминиевым пробоотборником диаметром 10 - 12 мм, погружая его на всю глубину упаковки; если мед плотный – щупом для масла из разных слоев.

При исследовании сотового меда из одной рамки вырезают часть запечатанных сот площадью 25 кв. см. Все точечные пробы меда тщательно перемешивают, закристаллизованный мед предварительно подогревают до 40...45 °С, после чего отбирают среднюю пробу.

Вода

Пробы воды берут из источников, используемых для поения животных: водопровода, артезианских скважин, колодцев, рек, прудов и других водоемов.

Из водоемов берут по две пробы: с поверхности и со дна – и составляют среднюю пробу воды. Пробы с поверхности отбирают кружкой, банкой, со дна – батометром или бутылкой, к дну которой привязывают груз, а к горлу и пробке две веревки достаточной длины.

Перед началом отбора воду из водопровода спускают в течение 5 - 10 минут.

Пробы воды из колодцев берут ведром, предварительно перемешивая воду путем многократного его погружения.

Из каждого контролируемого источника воды отбирают по одной пробе объемом не менее 1000 мл.

Корма животного и растительного происхождения.

Отбор проб проводят сухим, стерильным пробным щупом. После взятия проб от каждой партии щуп очищают и дезинфицируют.

Отбирают не менее 20 точечных проб массой не менее 100 г. Масса объединенной пробы должна быть не менее 2 кг.

Отбор проб кормов производят в местах их произрастания, производства, складирования и скармливания животным.

Точечные пробы травы отбирают по диагоналям квадрата со стороны 100 м в количестве 10 - 12, каждая массой 0,4 - 0,5 кг. Высота скашивания травы в точках отбора не должна быть ниже 3 - 5 см от поверхности земли.

От зеленой массы, доставленной для скармливания животным или приготовления силоса, сенажа, от искусственно высушенных кормов берут не менее 10 - 15 проб из разных мест. Масса точечной пробы 0,4 - 0,5 кг.

Точечные пробы перемешивают, раскладывают ровным слоем и из объединенной пробы отбирают методом квартования среднюю пробу.

От партии концкормов, хранящихся или доставленных насыпью, точечные пробы отбирают ковшом или конусным щупом в шахматном порядке из разных слоев (верхнего, среднего, нижнего).

Для отбора проб концкормов, упакованных в мешки, в выборку включают 2 - 5% упаковочных единиц. Отбор точечных проб производят из каждой единицы выборки в трех точках (сверху, с середины и снизу).

Точечные пробы объединяют, тщательно перемешивают и отбирают среднюю пробу. Нерассыпные корма предварительно измельчают в ступах или лабораторных мельницах.

Контрольные вопросы к практической работе № 4

1. Правила и порядок отбора проб объектов ветеринарного надзора и контроля согласно МУ -2009.

2. Упаковка, хранение и пересылка лабораторных и контрольных проб.
3. Отбор проб мяса для исследования на содержание радионуклидов.
4. Отбор проб воды.
5. Отбор проб продукции пчеловодства (мед, воск).
6. Отбор проб рыбы.
7. Отбор проб молока и молочных продуктов.
8. Отбор проб кормов животного и растительного происхождения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1.

ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ ПЕРЕНОСНОГО ТИПА

Цель занятия: изучить порядок подготовки к работе и работу с приборами ДП-5В, ИМД-5.

Время: 2 часа.

Методические указания

Назначение измерителей мощности дозы

Прибор ДП-5В предназначен для измерения уровней гамма - радиации и радиоактивной зараженности поверхностей различных предметов по гамма - излучению. Мощность экспозиционной дозы излучения определяется в миллирентгенах или рентгенах в час, кроме того, имеется возможность обнаружения бета - излучения.

Прибор ИМД-5 предназначен для измерения мощности поглощенной дозы гамма-излучения в миллирадах или радах в час и обнаружения бета - излучения (поверхностной активности в бета - распадах в минуту на 1 см^2).

Приборы обеспечивают измерение мощности дозы по гамма-излучению в пределах от 0,05 мР/ч (мрад/ч) до 200Р/ч (рад/ч) в диапазоне энергий 0,084 - 1,25МэВ.

Диапазон измерения гамма - излучений разбит на 6 поддиапазонов(табл. 6).

Отсчет показаний производится по шкале с последующим умножением на соответствующий коэффициент, причем рабочим является участок шкалы, очерченный сплошной линией.

Пределы допускаемой основной погрешности измерений мощности дозы гамма-излучения не превышают $\pm 40\%$ ДП-5В и $\pm 30\%$ ИМД-5.

Таблица 6.

Диапазон измерения гамма-излучений

Поддиапазон	Положение ручки переключателя	Шкала прибора	Обозначение единицы измерения		Пределы измерения
			ДП-5В	ИМД-5	
1	200	0-200	Р/ч	рад/ч	5-200
2	x1000	0-5	мР/ч	мрад/ч	500-5000
3	x100	0-5	мР/ч	мрад/ч	50-500
4	x10	0-5	мР/ч	мрад/ч	5-50
5	x1	0-5	мР/ч	мрад/ч	0,5-5
6	x0,1	0-5	мР/ч	мрад/ч	0,05-0,5

Прибор не имеет обратного хода стрелки микроамперметра, при перегрузочных облучениях необходимо нажать кнопку «Сброс» и уменьшить чувствительность прибора.

Прибор ИМД-5 обеспечивает индикацию плотности потока бета - излучения в пределах от 50 до 50000 $\beta/(\text{min}\cdot\text{cm}^2)$ на трех поддиапазонах (табл.7).

Таблица 7.Диапазон индикации бета- излучения

Поддиапазон	Положение ручки переключателя	Шкала прибора	Обозначение единицы измерения бета-частиц/мин·см ²	Пределы измерения
4	$\times 10^4$	0-5	$\beta/(\text{min}\cdot\text{cm}^2)$	5000-50000
5	$\times 10^3$	0-5	$\beta/(\text{min}\cdot\text{cm}^2)$	500-5000
6	$\times 10^2$	0-5	$\beta/(\text{min}\cdot\text{cm}^2)$	50-500

Приборы имеют звуковую индикацию гамма- и бета - излучения на поддиапазонах 2-6.

Устройство прибора ДП-5В

Прибор состоит из измерительного пульта, блока детектирования, соединенного с пультом при помощи гибкого кабеля длиной 1,2м. На блоке детектирования смонтирован контрольный источник.

Пульт состоит из следующих основных узлов: кожуха, основания, шасси, платы преобразователя, крышки отсека питания.

На верхнюю лицевую часть кожуха выходят тумблер подсвета шкалы, шкала микроамперметра, переключатель поддиапазонов на 8 положений, кнопка сброса показаний. К основанию крепятся кабель от блока детектирования и телефонное гнездо. В основании снизу имеется отсек для источников питания – 3 элемента А336.

Для работы от посторонних источников служит делитель напряжения, который вставляется в отсек питания вместо батарей.

Блок детектирования герметичен, имеет цилиндрическую форму. В нем расположена плата с газоразрядными счетчиками, закрытая корпусом с окном. Блок детектирования имеет поворотный экран с окном и закрепленным контрольным источником бета - излучения. Защитный экран фиксируется в положениях: Б – открывается окно в корпусе, воспринимается суммарное бета- и гама - излучение; Г– окно в корпусе закрыто экраном,

воспринимается гамма - излучение; К— против окна корпуса устанавливается контрольный источник типа Б-8.

Устройство прибора ИМД-5

Прибор состоит из измерительного пульта, блока детектирования соединенного с пультом при помощи гибкого кабеля длиной 1,2м (рис 11). На блоке детектирования смонтирован контрольный источник.

Пульт состоит из следующих основных узлов: кожуха, основания, шасси, платы преобразователя, платы РС, крышки отсека питания и выносного блока питания.

На верхнюю лицевую часть кожуха выходят тумблер подсвета шкалы, шкала микроамперметра, переключатель поддиапазонов на 8 положений, кнопка сброса показаний. К основанию крепятся кабель от блока детектирования и телефонное гнездо. В основании снизу имеется отсек для размещения выносного блока питания с 2 элементами питания А343.

Для работы от посторонних источников служит делитель напряжения, который вставляется в отсек питания вместо выносного блока питания.

Выносной блок питания используется во время работ при температуре ниже -40°C .

Блок детектирования герметичен, имеет цилиндрическую форму. В нем расположена плата с газоразрядными счетчиками, закрытая корпусом с окном. Блок детектирования имеет поворотный экран с окном и закрепленным контрольным источником бета - излучения. Защитный экран фиксируется в положениях: β – открывается окно в корпусе, воспринимается суммарное бета- и гама - излучение; γ – окно в корпусе закрыто экраном, воспринимается гама- излучение; $\blacktriangle$ – против окна корпуса устанавливается контрольный источник типа Б-8.



Рис. 11. Измеритель мощности дозы ИМД-5

Подготовка к работе

Извлечь прибор из укладочного ящика, к блоку детектирования присоединить штангу, которая используется как ручка.

Открыть крышку футляра, произвести внешний осмотр.

Установить ручку переключателя поддиапазонов в положение **О** (выключено).

Подключить источники питания.

Поставить ручку переключателя поддиапазонов в положение **▲** (контроль режима). Стрелка прибора должна установиться в режимном секторе.

При необходимости включить подсветку шкалы.

Установить ручку переключателя поддиапазонов последовательно в положениях $\times 1000$, $\times 100$, $\times 10$, $\times 1$, $\times 0,1$, проверить работоспособность прибора на всех поддиапазонах, кроме первого, с помощью контрольного источника, для чего установить поворотный экран в положение **▲** (К), подключить телефон. При этом в телефонах слышны щелчки, а стрелка микроамперметра должна зашкаливать на 6-м и 5-м поддиапазонах, отклоняться на 4-м, а на 3-м, 2-м может не отклоняться.

Сравнить показания прибора в поддиапазоне 4 с показаниями, записанными в формуляре на прибор в разделе 13 (тест на точность снятия показаний).

Нажать на кнопку «Сброс», при этом стрелка прибора должна установиться на нулевую отметку.

Повернуть поворотный экран в положение Г (γ). Поставить ручку переключателя поддиапазонов в положение 0. Прибор готов к работе.

Измерение уровней гамма - радиации и радиоактивной зараженности предметов с помощью ДП-5В, ИМД-5

1. Измерение мощности дозы гамма - излучения. Установить экран блока детектирования в положение Г (γ). Расстояние между объектом исследования и блоком детектирования должно быть в пределах 1-1,5м. Последовательно увеличивая чувствительность прибора ручкой переключения поддиапазонов, выбрать оптимальный диапазон (табл. 6). Считать показания со шкалы и умножить на коэффициент соответствующего диапазона.

2. Измерение бета - излучения. Установить экран блока детектирования в положение В (β), провести повторное измерение. От полученного результата вычесть первый результат, разность свидетельствует о наличии бета - излучения. Если расхождения показаний менее 20%, вывод о наличии бета - излучения достоверен.

3. При измерении поверхностной плотности потока бета - излучения необходимо установить экран блока детектирования в положение Б(β). Расстояние между объектом исследования и блоком детектирования должно быть в пределах 1-1,5см. Последовательно увеличивая чувствительность прибора ручкой переключения поддиапазонов, выбрать оптимальный диапазон (табл. 7). Считать показания со шкалы и умножить на коэффициент соответствующего диапазона.

Ход работы:

- изучить устройство и подготовку приборов к работе;

- проверить работоспособность приборов, записать показания приборов от контрольных источников;
- произвести измерение мощности дозы гамма и бета излучения от имеющихся источников радиоактивного излучения, данные занести в табл.8.

Таблица 8.

Мощность дозы гамма- и бета-излучения

Марка прибора	Показания от контрольного источника	Показания от источника №1			Показания от источника №2			Показания от источника №3		
		$\beta + \gamma$	γ	β	$\beta + \gamma$	γ	β	$\beta + \gamma$	γ	β

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2.

КОМБИНИРОВАННЫЕ ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Цель занятия: изучить порядок подготовки к работе и работу с приборами РКС-107 и ДРГБ-01 «ЭКО-1» .

Время:2часа.

Методические указания

Назначение, устройство и принцип работы прибора РКС-107

Прибор РКС-107 предназначен для индивидуального контроля радиационной обстановки на местности, в жилых и рабочих помещениях. Выполняет функции дозиметра и радиометра и обеспечивает возможность измерения:

- мощности полевой эквивалентной дозы гамма-излучения;
- плотности потока бета-излучения поверхности, загрязненной радионуклидами стронция-90 + иттрия-90 ($^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$);

- удельной активности радионуклида цезий-137 (^{137}Cs) в водных растворах индикации о превышении мощности полевой эквивалентной дозы гамма-излучения пороговых значений, 0,6 и 1,2 мкЗв/ч.

Прибор представляет собой носимую конструкцию (рис.12).

На лицевой панели предусмотрено окно для индикатора и кнопки: ВКЛ, РЕЖИМ, ПУСК и ВЫКЛ. В средней части – крышка-фильтр для выравнивания энергетической зависимости показаний прибора при его работе в режиме измерения мощности полевой эквивалентной дозы гамма-излучения. При режимах радиометра эта крышка снимается, счетчики излучений оказываются закрытыми только пленочными фильтрами. Батарея аккумуляторная устанавливается в нижний отсек, закрываемый съемной крышкой.



Рис. 12. Прибор РКС-107

Порядок работы РКС-107

Измерение мощности полевой эквивалентной дозы гамма-излучения.

Включите прибор, нажав кнопку ВКЛ. Указатель режима работы прибора при включении устанавливается в положение «мкЗв/ч».

Нажмите кнопку ПУСК. Указатель режима работы начинает пульсировать, а прибор начинает регистрировать измеряемую величину, в данном случае величину мощности полевой эквивалентной дозы внешнего гамма-излучения в микрозивертах в час.

В конце цикла измерения (через $53 \pm 1,2$ с) раздается кратковременный звуковой сигнал, указатель режима прекратит пульсировать, а на табло отобразится результат измерения.

При малых значениях мощности полевой эквивалентной дозы для получения более точного результата измерения целесообразно

разно снять несколько отсчетов показаний прибора, записать их и за измеренное значение принять их среднее арифметическое. Выключите прибор, нажав кнопку ВЫКЛ.

Измерение плотности потока бета-излучения с поверхности, загрязненной радионуклидами стронция-90 + иттрия-90

Включите прибор, нажав кнопку ВКЛ. Нажмите кнопку РЕЖИМ, установите указатель режима работы прибора в положение « $1/(с \cdot см^2)$ ».

Расположив прибор относительно исследуемой поверхности на расстоянии не менее 150 см, нажмите кнопку ПУСК.

В конце цикла измерения раздается кратковременный звуковой сигнал и на табло отображается результат измерения. Снизьте отсчет фоновое показание прибора. Запишите результат. Повторите результат не менее 5 раз и найдите среднее арифметическое отсчетов показаний. Выключите прибор, нажав кнопку ВЫКЛ.

Снимите заднюю крышку-фильтр. Поднесите прибор к исследуемой поверхности на расстояние не менее 1 см от неё. Включите прибор кнопкой ВКЛ, кнопкой РЕЖИМ установите « $1/(с \cdot см^2)$ », затем нажмите кнопку ПУСК. Снимите отсчет показания прибора. Запишите результат.

Определите загрязненность поверхности бета-излучений радионуклидами стронция-90 + иттрия-90, характеризующуюся величиной плотности потока бета-частиц с поверхности (ϕ), по формуле:

$$\phi = \phi_p - \phi_f,$$

где ϕ_p – измеренное значение плотности, ϕ_f – фоновое показание прибора в бета-частицах в секунду с квадратного сантиметра.

Измерение удельной активности радионуклида цезий-137 в водных растворах

Снимите заднюю крышку-фильтр. Заполните измерительную кювету (половину упаковки прибора) заведомо чистой в радиа-

ционном отношении водой до метки – буртика внутри кюветы; установите прибор на кювету.

Включите прибор кнопкой ВКЛ. Нажимая дважды кнопку РЕЖИМ, установите указатель режима работы прибора в положение «Бк/г х 10».

Нажмите кнопку ПУСК. После звукового сигнала окончания цикла измерения (через $240^{+} - 6,0\text{с}$) снимите отсчет фонового показания прибора (Аф). Запишите результат.

Повторите измерения не менее 5 раз, найдите среднее арифметическое отсчетов показаний, умножьте результат на 10, получив результат измерения фоновых показаний в беккерелях на грамм, и запишите его. Выключите прибор и вылейте воду из кюветы, просушите её и заполните исследуемым водным раствором до той же метки и, повторив измерение, запишите результат (Аи).

По формуле рассчитайте величину удельной активности радионуклида цезий-137 в водном растворе (А) в беккерелях на грамм:

$$A = A_{\text{и}} - A_{\text{ф}}, (\text{Бк/г})$$

После измерений в водных растворах кюветы необходимо тщательно продезактивировать, вымыв их с применением синтетических моющих средств. Растворы с выявленной радиоактивностью и радиоактивные отходы дезактивации подлежат захоронению в местах, определенных санэпидемстанцией.

Обо всех случаях обнаружения участков местности с мощностью эквивалентной дозы гамма-излучения выше $0,6 \text{ мкЗв/ч}$, поверхностной загрязненности свыше $0,17 \text{ л(с}\cdot\text{см}^2)$ ($10 \text{ л/(мин}\cdot\text{см}^2)$) и растворов активностью более $3,7 \text{ Бк/г}$ ($1\cdot 10^{-7} \text{ Ки/кг}$) немедленно ставьте в известность санэпидстанцию!

Назначение, устройство и принцип работы ДРГБ-01 ЭКО-1

Дозиметр-радиометр ДРГБ-01 «ЭКО-1» применяется для измерения мощности эквивалентной (экспозиционной) дозы излучения (МЭД), плотности потока бета-частиц, удельной активности радионуклидов в веществах при проведении дозиметрического контроля и радиометрических исследований.

Дозиметр-радиометр состоит из двух основных функциональных узлов: детектора ионизирующего излучения и электронно-счетной схемы с узлами питания, звукового сопровождения с жидкокристаллическим дисплеем (рис 13).



Рис.13. Дозиметр-радиометр ДРГБ-01 «ЭКО-1»

Принцип действия прибора основан на преобразовании детектором ионизирующего излучения плотности потока фотонов и бета-частиц в импульсную последовательность электрических сигналов, частота следования которых пропорциональна МЭД или плотности потока бета-частиц от загрязненных поверхностей.

Прибор имеет три режима работы, устанавливаемых нажатием кнопки РЕЖИМ РАБОТЫ:

режим F – для обнаружения и оценки уровня радиационной безопасности по результатам измерений МЭД;

режим А – для оценки уровня загрязненности проб воды, почвы, продуктов питания и т.д., содержащих радионуклидные источники Cs-137 по результатам измерений удельной активности;

режим В служит для оценки и определения уровня загрязненности поверхности бета-излучающими нуклидами (Sr-90) по результатам измерений плотности потока бета-частиц.

Выключение прибора осуществляется нажатием кнопки ВКЛ/ВЫКЛ, на табло появится POFO далее POFF, после этого кнопку отпустить и табло гаснет, прибор выключен.

Порядок работы ДРГБ-01

Определение значений МЭД фотонного излучения

Не следует снимать экран с прибора.

1. Режим F (циклический)

Включить прибор. На цифровом табло должна появиться индикация – F0.00. Через 20 с после включения прибора на цифровом табло должно появиться значение, соответствующее мощности эквивалентной дозы излучения, выраженное в мкЗв/ч.

По истечении 20 с, в течение которых индицируется результат предыдущего измерения, на цифровом табло появляется результат следующего измерения, и т.д.

В процессе измерений можно в любом из режимов начать новое измерение, не дожидаясь окончания предыдущего, при этом происходит сброс набранной информации. Для этого необходимо нажать кнопку РЕЖИМ РАБОТЫ до появления надписи PЕС на дисплее.

Например. Показание на цифровом табло прибора F0.15 означает, что значение мощности эквивалентной дозы фотонного излучения составляет 0.15 мкЗв/ч. Умножив это значение на 100, Вы получите результат измерений в единицах мощности экспозиционной дозы 15 мкР/ч.

Измерение удельной активности радионуклидных источников Cs-137 в пробах

Приготовление пробы продукта.

Продукт залейте или засыпьте, предварительно измельчив, ровным слоем в чистую стеклянную банку вместимостью 0,5 л и площадью горловины не менее 40 см таким образом, чтобы его поверхность не доходила до края банки 3-5 мм. Отнесите или передвиньте приготовленную пробу на 1-1,5 м от места расположения прибора.

Не снимая экран с прибора, включить его. После появления индикации на цифровом табло прибора, выполните два последовательных нажатия кнопки РЕЖИМ РАБОТЫ. На цифровом табло прибора должна появиться информация о режиме фоновых измерений – А.00.0, далее появляется последовательность чисел начиная с 99,9, уменьшающихся во времени.

По истечении времени фонового измерения (не более 520с) подается кратковременный звуковой сигнал. На цифровом табло фиксируется трехзначное число, находящееся в области значений от 60,0 до 99,9.

Установите прибор на горловину стеклянной банки. Дополнительно выполните одно нажатие кнопки РЕЖИМ РАБОТЫ, и на цифровом табло должна появиться информация о режиме измерения удельной активности.

По истечении времени измерения (не более 520с) подается кратковременный звуковой сигнал. На цифровом табло прибора сохраняется до выполнения следующего измерения значение удельной активности радионуклидного источника Cs-137 в приготовленной пробе, выраженное в единицах – кБк/кг.

Например. Показание прибора, установленного на горловину банки, заполненной крупой. А04.5 означает, что значение удельной активности в объемной мере, состоящей из крупы (плотностью 1г/см^3) составляет 4,5 кБк/кг.

Для повторного включения прибора в режиме измерения удельной активности нажать кнопку "Режим", до появления надписи "РЕС" надисплее.

Измерение плотности потока бета-частиц от загрязненных поверхностей

Для выполнения измерений плотности потока бета-частиц необходимо использовать строго выделенную из общего объема исследуемого продукта или грунта плоскую пробу с площадью излучающей поверхности 20-40 см. Примером такой пробы может служить бытовая полиэтиленовая крышка диаметром 52-82 мм, залитая или засыпанная предварительно измельченным продуктом ровным слоем, отстоящим от края крышки на 2-3 мм. Поместите прибор на приготовленную пробу.

Снимите экран с прибора. После появления индикации на цифровом табло выполните последовательные нажатия кнопки РЕЖИМ РАБОТЫ до появления индикации b80.

По истечении времени измерения (не более 80 с). подается кратковременный звуковой сигнал. До выполнения следующего измерения на цифровом табло сохраняется значение плотности потока бета-частиц, испускаемых с поверхности пробы, выраженное в бета-частицах в секунду с квадратного сантиметра поверхности – $1/\text{с}\cdot\text{см}^2$.

Для повторного включения прибора в режиме измерения плотности потока бета-частиц, нажмите кнопку Режим до появления надписи РЕС на дисплее.

Ход работы:

1. Изучить устройство и подготовку к работе приборов РКС-107 и ДРГБ-01.
2. Произвести измерение мощности дозы гамма-излучения от имеющихся источников приборами РКС-107, ДРГБ-01 и ИМД-5. Показания прибора ИМД -5 (мрад/ч) перевести в мкЗв/час .
3. Произвести измерение плотности потока β -излучения от имеющихся источников приборами РКС-107, ДРГБ-01 и ИМД -5. Показания прибора ИМД -5 ($\beta/\text{мин}\cdot\text{см}^2$) перевести в $\beta/\text{с}\cdot\text{см}^2$.
4. Полученные данные записать в табл.9.
5. Сделать вывод.

Таблица 9.

**Мощность эквивалентной дозы
гамма-излучения (мкЗв/ч) и скорость потока бета-частиц от
загрязненных поверхностей ($\beta/\text{с}\cdot\text{см}^2$)**

Марка прибора	Показания от контрольного источника		Показания от источника №1		Показания от источника №2		Показания от источника №3	
	мкЗв/ч	$\beta/\text{с}\cdot\text{см}^2$	мкЗв/ч	$\beta/\text{с}\cdot\text{см}^2$	мкЗв/ч	$\beta/\text{с}\cdot\text{см}^2$	мкЗв/ч	$\beta/\text{с}\cdot\text{см}^2$
РКС-107								
ДРГБ-01								
ИМД-5								

Контрольные вопросы к лабораторной работе № 2

1. Назначение и устройство прибора РКС-107.
2. Измерение мощности полевой эквивалентной дозы гамма-излучения с помощью прибора РКС-107.
3. Измерение плотности потока бета-излучения с поверхности, загрязненной радионуклидами стронция-90 + иттрия-90 с помощью прибора РКС-107.
4. Измерение удельной активности радионуклида цезий-137 в водных растворах.
5. Назначение и устройство прибора ДРГБ-01.
6. Определение мощности эквивалентной дозы фотонного излучения с помощью прибора ДРГБ-01.
7. Измерение удельной активности радионуклидных источников Cs-137 в пробах.
8. Измерение плотности потока бета-частиц от загрязненных поверхностей с помощью прибора ДРГБ-01.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ИЗМЕРЯЕМЫМ ПРЕПАРАТОМ И СЧЕТЧИКОМ НА ПЛОТНОСТЬ ПОТОКА β -ИЗЛУЧЕНИЯ

Цель занятия: Определить характер зависимости интенсивности ионизирующего излучения от расстояния до радиоактивного препарата.

Время: 2 часа.

Методические указания

При радиометрии биологических препаратов, обычно имеющих низкую радиоактивность, следует учитывать снижение интенсивности ионизирующего излучения слоем воздуха между счетчиком и препаратом. Для максимально точного определения характера зависимости «расстояние-скорость счета» нужно, изменяя расстояние, сохранить тождественность всех остальных условий измерения. Детектор необходимо перемещать строго перпендикулярно плоскости подложки над препаратом.

Порядок выполнения работы:

1. Подготовить прибор РКС-107 к работе.
2. Снять отсчет фонового показания прибора, записать результат ($\beta/\text{с}\cdot\text{см}^2$).
3. Снять заднюю крышку-фильтр, поднести прибор к исследуемой поверхности на расстоянии 1 см от неё, снять отсчет показания прибора.
4. Увеличить расстояние между счетчиком и препаратом на 1 см и снова определить скорость счета, провести 10 таких измерений, каждый раз увеличивая расстояние на 1 см.
5. Определить плотность потока бета-излучений с поверхности по формуле:

$$\varphi = \varphi_{\text{п}} - \varphi_{\text{ф}},$$

где ϕ_p – измеренное значение плотности; ϕ_f – фоновое показание прибора в бета-частицах в секунду с квадратного сантиметра.

6. Записать результаты измерений в табл. 10.

7. Принять за 100% показание прибора, полученное при наименьшем расстоянии между препаратом и счетчиком прибора, и рассчитать результаты счета в процентах по отношению к ближайшему положению препарата от счетчика. Результаты занести в таблицу.

Таблица 10.

Плотность потока β -излучения в зависимости от расстояния до радиоактивного препарата.

Расстояние между счетчиком и препаратом, см	$\beta/\text{с}\cdot\text{см}^2$	Результаты счета, %
1		
2		
3 и тд		

8. Построить график зависимости плотности потока β -излучения от расстояния до радиоактивного препарата.

9. Дать заключение по полученным данным.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛОТНОСТИ
МАТЕРИАЛА
ПОДЛОЖКИ НА СКОРОСТЬ СЧЕТА
ОТ β -ИЗЛУЧЕНИЯ**

Цель занятия: установить влияние плотности материала подложки на интенсивность обратного рассеяния бета - частиц.

Время: 2 часа.

Методические указания

Необходимо уяснить сущность феномена обратного рассеяния. При взаимодействии с электронными оболочками атомов вещества подложки бета- частицы (испускаемые препаратом) многократно изменяют свою траекторию. Некоторые из них начинают двигаться в обратном направлении и при радиометрии увеличивают скорость счета. Интенсивность обратного рассеяния зависит от плотности материала подложки и ее толщины, энергии бета - частиц и геометрических условий измерения. Она ничтожна для тонких подложек (менее 1 мг/см^2) из легких материалов (отмытые рентгеновские пленки, хлорвинил, пергаментная бумага), но достигает 80% для подложек из тяжелых металлов. Максимальная величина обратного рассеяния достигается тогда, когда удельная поверхностная плотность материала подложки (мг/см^2) составляет 0,2 максимального пробега бета - частиц данной энергии.

По мере увеличения толщины подложки количество отраженных от нее бета - частиц сначала возрастает пропорционально толщине, потом наступает насыщение. Насыщение наступает быстрее при малых значениях энергии бета - частиц.

Обратное рассеяние уменьшается при увеличении толщины активного слоя на подложке. При толщине более $1,5\Delta_{1/2}$ обратным рассеянием можно пренебречь.

Радиометрию препарата на подложках из различных материалов необходимо проводить в тождественных условиях: препарат должен иметь одинаковые геометрические параметры, подложки должны иметь одинаковую толщину, помещены на одинаковом расстоянии от счетчика, измерение скорости счета проводят одним и тем же счетчиком.

Порядок проведения работы:

1. Приготовить подложки из бумаги (воздушную), пластика, алюминия, меди, свинца. Толщина бумажной подложки должна быть минимальной. Толщина подложек из других материалов должна быть одинаковой и находиться в пределах 5-10мм.

2. Наклеить бумажную подложку на рамку (картонную или металлическую). Поместить на бумажную подложку радиоактивный препарат. Рамку с «воздушным» препаратом (на тонкой бумажной подложке) поместить под счетчик прибора на расстоянии 1-3 см. Расстояние от подложки до поверхности стола или пола должно быть не менее 30см. Провести замер плотности потока бета-излучений ($\beta/\text{с}\cdot\text{см}^2$).

3. Под «воздушный» препарат поместить на возможно близком расстоянии подложку из пластика. Последовательно заменяя пластиковую пластинку алюминиевой, медной, свинцовой подложками такой же толщины, провести замер плотности потока бета-излучений ($\beta/\text{с}\cdot\text{см}^2$).

4. Принять результаты замера от «воздушного» препарата за 100%, рассчитать, на сколько процентов изменяется плотность потока при использовании подложек из разных материалов.

5. Результаты занести в табл. 11 и дать им объяснение.

Таблица 11.

Влияние качества материала подложки на плотность потока бета - излучения

Материал подложки	$\beta/\text{с}\cdot\text{см}^2$	Результат, %
«Воздушный» препарат		
Пластик		
Алюминий		
Медь		
Свинец		

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ИЗУЧЕНИЕ СРЕДСТВ ДОЗИМЕТРИИ

Цель занятия: познакомиться с устройством, порядком подготовки к работе индивидуальных дозиметров ДП-22В, ДП-24, ИД-1 и проведением измерений с помощью этих приборов.

Время: 2 часа.

Методические указания

Для количественной оценки действия ионизирующего излучения на вещество и биологических эффектов введены специальные единицы, которые делятся на внесистемные и единицы в системе СИ (табл. 12).

Таблица 12. Основные дозовые характеристики

Дозовая характеристика	Единица измерения, СИ	Внесистемная единица измерения	Соотношения между единицами
Поглощенная доза	Грей (Гр)	рад (рад)	$1 \text{ рад} = 10^{-2} \text{ Гр}$ $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$
Мощность дозы	Гр/ч (Гр/м)	рад/ч (рад/м)	$1 \text{ рад/ч} = 10^{-2} \text{ Гр/ч}$
Эквивалентная доза	Зиверт (Зв)	бэр	$1 \text{ бэр} = 10^{-2} \text{ Зв}$ $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$

Основной характеристикой действия ионизирующего излучения на вещество является поглощенная доза (D_n). Это энергия излучения, поглощенная единицей массы вещества за время облучения.

Биологические эффекты при облучении живых организмов зависят не только от величины поглощенной энергии, но и от вида (качества) ионизирующего излучения. Радиобиологический эффект при идентичных дозах увеличивается по мере роста плотности ионизации. Для количественной оценки качества из-

лучения введено понятие взвешивающий коэффициент для данного вида излучения, W (табл 13).

Таблица 13.

Взвешивающий коэффициент для разных видов ионизирующего излучения

Вид излучения	Взвешивающий коэффициент, W
Рентгеновское, γ , β , электроны	1
α	10
Нейтроны	3-20

Взвешивающий коэффициент оценивают сравнением доз эталонного и исследуемого излучений, вызывающих одинаковый биологический эффект. В качестве эталонного используется рентгеновское излучение с энергией квантов 180-250 кэВ.

Значение (коэффициент) W определяют по формуле

$$W = D_p / D_i$$

где D_p – доза эталонного рентгеновского излучения;

D_i – доза изучаемого излучения.

Для количественной характеристики биологического действия различных видов ионизирующего излучения необходимо понятие эквивалентной (биологической) дозы (H). Единицей измерения эквивалентной дозы является зиверт (Зв).

$$1 \text{ Зв} = 1 \text{ Гр} \times W$$

Доза эквивалентная (H) – поглощенная доза (D), умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного вида излучения, W :

$$H = W \times D$$

Производные единицы (рентгена, рада, зиверта):

- Г (гига) – 10^9
- М (мега) – 10^6
- к (кило) – 10^3
- с (санتي) – 10^{-2}
- м (мили) – 10^{-3}

- мк (микро) – 10^{-6}
- н (нано) – 10^{-9}

Соотношения между единицами доз излучения

- 1 рад = 0,01 Гр
- 1 мрад = 10 мк Гр
- 1Р = 0,8 сЗв = 0,87 рад = 0,87 сГр

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с основными видами детекторов ионизирующих излучений: электрическими (ионизационными), сцинтилляционными, химическими, полупроводниковыми.
2. Подготовить к работе комплекты индивидуальных дозиметров ДП-22В, ДП-24, ИД-1 согласно инструкции, прилагаемой к приборам.
3. Облучить дозиметры различными дозами гамма - излучения в пределах измеряемого диапазона.
4. Определить дозу по шкале.
5. Согласно требованиям НРБ-99/2009 пересчитать полученные величины доз из внесистемных единиц (рад) в единицы Гр, используя соотношения: 1Гр=100 рад.
6. Результаты записать в журнал регистрации облучения по предлагаемой форме (табл. 14).

Таблица 14.

Регистрация облучения

Ф.и.о.	Номер дозиметра	Тип дозиметра	Показания	Доза, Гр
Петров И.И.	1	ИД-1	1,09 рад	0,99мГр

7. Сделать вывод по результатам измерений.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЧЕТА ПРЕПАРАТА ПО ЭТАЛОНУ

Цель занятия: освоить метод определения эффективности счета по радиоизотопу ^{40}K .

Время: 2 часа.

Методические указания

При измерении препаратов с помощью газоразрядных счетчиков получают скорость счета (имп/мин), которая пропорциональна, но не равна радиоактивности этих препаратов. Переход от скорости счета к активности этих препаратов определяют с помощью перерасчетного коэффициента (эффективность счета), определяемого по каждому измеряемому изотопу. Для градуировки радиометрической установки применяют эталонные источники.

Эталоном называют радиоактивный препарат с точно известной активностью (расп/мин или Ки). Под эффективностью счета ($K_{\text{эф}}$) установки понимают отношение числа зарегистрированных импульсов в минуту (имп/мин) к активности эталона (расп/мин), выраженное в процентах:

$$K_{\text{эф}} = \frac{N_{0 \text{ эт}}}{A_{\text{эт}} \times P_{\text{эт}}} 100\%,$$

где $P_{\text{эт}}$ – поправка на самопоглощение бета-частиц в препарате. Она вводится, если эталон приготовлен промежуточным слоем. Коэффициент P рассчитывается по формуле

$$P = \frac{(1 - e^{-0.693d/\Delta 1/2})}{-0.693d/\Delta 1/2}$$

где d – толщина слоя препарата, $\text{мг}/\text{см}^2$; $\Delta 1/2$ – слой половинного ослабления бета-частиц, $\text{мг}/\text{см}^2$.

Для определения суммарной-бета активности проб из объектов ветеринарного надзора используют калиевый эталон, приготовленный из хлористого калия (KCl). В смеси изотопов природного калия содержится 0,0119% радиоактивного ^{40}K .

^{40}K – естественный радиоизотоп смешанного бета-гамма-излучения (88% – бета-излучение, 12%– гамма-излучение). Средняя энергия бета-частиц 0,51МэВ, период полураспада $1,42 \times 10^9$ г, слой половинного ослабления $\Delta 1/2 = 81 \text{ мг/см}^2$.

Порядок выполнения работы:

1. Рассчитать бета-активность ^{40}K в 100мг KCl:
 - определить молекулярную массу KCl;
 - найти содержание калия в 100мг KCl;
 - рассчитать количество ^{40}K в ранее определенном количестве калия;
 - зная, что активность 1Гр ^{40}K равна $6,28 \cdot 10^{-6} \text{ Ки}$, определить активность рассчитанного количества ^{40}K ;
 - выразить активность (Аэт) в распадах в 1минуту. Для этого активность в кюри умножают на $2,22 \cdot 10^{12}$ расп/мин (1Ки);
 - учитывая гамма-излучение, определить число бета-частиц в 1 минуту, образующееся в эталоне (Аэт, расп/мин).
2. Подготовить 3 эталона из KCl по 100, 200, 300 мг на стандартных подложках.
3. Подготовить радиометр к работе.
4. Определить скорость счета фона.
5. Определить эффективность счета установки по калиевому эталону, для чего определить скорость счета от каждого из трех эталонов (N_0 эт, имп/мин).

$$K_{\text{эф}} = \frac{N_0 \text{ эт}}{A_{\text{эт}} R_{\text{эт}}} \frac{10}{0}$$

Из трех определений рассчитать средний показатель.

6. Результаты работы записать в табл. 15.
7. Сделать выводы.

Таблица 15.

Эффективность счета препарата

Эталоны	Nф	Аэт	Рэт	Кэф
^{40}K 100мг				
^{40}K 200мг				
^{40}K 300мг				

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7**ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОСТИ ПРЕПАРАТА
ОТНОСИТЕЛЬНЫМ МЕТОДОМ**

Цель занятия. Изучить порядок определения активности препарата относительным методом.

Время: 2 часа.

Методические указания:

Относительный метод основан на сравнении скорости счета от препарата с известной активностью (эталон) со скоростью счета от препарата (измеряемой пробы), полученных в абсолютно одинаковых условиях измерения. Известно, что скорость счета (имп/мин) нетождественна радиоактивности (расп/мин), но пропорциональна ей в отношении как эталона, так и измеряемой пробы. Эту пропорциональность можно выразить уравнением

$$A_{\text{эт}} : N_{\text{эт}} = A_{\text{пр}} : N_{\text{пр}},$$

где $A_{\text{эт}}$ – радиоактивность эталона;

$A_{\text{пр}}$ - радиоактивность пробы;

$N_{\text{эт}}$ – скорость счета от эталона;

$N_{\text{пр}}$ – скорость счета от пробы.

Из этого уравнения можно определить радиоактивность исследуемой пробы:

$$A_{\text{пр}} = A_{\text{эт}} \times N_{\text{пр}} / N_{\text{эт}}$$

Скорость счета от эталона и препарата определяют в строго одинаковых условиях: на одном и том же приборе с одним и тем же детектором, на подложках из одинакового материала и одинаковой толщины и размера, на одинаковом расстоянии от счетчика. Толщина слоя эталона и исследуемого препарата должна быть одинаковой или очень близкой.

Порядок выполнения работы:

1. Подготовить радиометр к работе.
2. Определить число счета от фона (N_{ϕ}).
3. Поместить эталонный препарат КС1 (300мг) как можно ближе к счетчику. Определить скорость счета эталона с фоном N^1 .
4. Определить скорость счета от эталона ($N_{эт} = N^1 - N_{\phi}$).
5. Определить коэффициент эффективности счета ($K_{эф}$) по формуле

$$K_{эф} = \frac{N_{эт}}{A_{эт} R_{эт}} 100$$

6. Приготовить препарат золы сена, костей, молока, мяса, рыбы по 300мг.

7. Поместить под счетчик в те же геометрические условия препарат золы с неизвестной радиоактивностью. Определить скорость счета препарата ($N_{пр}$).

8. Рассчитать истинную радиоактивность каждого препарата золы по формуле

$$A_{п}^1 = \frac{A_{эт} N_{пр}}{N_{эт}} \text{ расп/мин}$$

Выразить радиоактивность в кюри.

9. Рассчитать радиоактивность препарата, используя коэффициент эффективности счета:

$$A_{п}^2 = \frac{N_{пр}}{\phantom{A_{эт} R_{эт}}}$$

$$2,22 \cdot 10^{12} \text{ Кэф Рпр}$$

10. Результаты поместить в табл. 16.

Таблица 16. Расчет активности препарата относительным методом

N эт	N ^I	Nф	Рэт	Аэт	Кэф	Nпр	Ап ^I	Ап ²

11. Сделать вывод.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОСТИ ПРЕПАРАТА РАСЧЕТНЫМ МЕТОДОМ

Цель занятия. Изучить порядок определения активности препарата расчетным методом.

Время 4 часа.

Методические указания

Чтобы определить радиоактивность препарата по полученной скорости счета от него, необходимо определить ряд поправочных коэффициентов, учитывающих потери излучения при радиометрии, и ввести их в формулу для расчета радиоактивности.

Общая формула расчета абсолютной активности препарата (Ки) имеет следующий вид:

$$A_{\text{пр}} = \frac{N_{0\text{пр}}}{2,22 \cdot 10^{12} \omega K_{\text{эф}} P_{\text{г}} \gamma}$$

где $2,22 \cdot 10^{12}$ – коэффициент для выражения радиоактивности в кюри;

ω – поправочный коэффициент на геометрические условия радиометрии. Определяется расстоянием между препаратом и

счетчиком h , радиусом окна счетчика r_c и радиусом препарата $r_{пр}$:

$$\omega = 0.5 \left(\frac{h}{\sqrt{r_c^2 + h^2}} \right),$$

где ε – поправка на разрешающую способность установки.

При скорости счета, равной или менее 3000 имп/мин, поправка равна 1. При большей скорости счета нужно ее снизить, поместить препарат дальше от счетчика или прикрыть его экраном. Поправку можно рассчитать по формуле

$$\varepsilon = \frac{1}{1 - (N^1 \tau)}$$

где N^1 – скорость счета от препарата с фоном, имп/мин;

τ – мертвое время счетчика, равное $5 \cdot 10^{-6}$ с;

K – поправочный коэффициент на поглощение бета-частиц в слое воздуха между препаратом и счетчиком и стенкой счетчика.

Рассчитывают его так:

$$t_{эф} = (t_{сч} + 1,293h)\sigma,$$

где $t_{эф}$ – эффективная толщина преграды, мг/см²;

$t_{сч}$ – толщина входного окна счетчика, мг/см²;

h – расстояние от препарата до анода счетчика, см;

σ – коэффициент зависимости от поправочного коэффициента на геометрические условия измерения.

σ находят по следующим данным:

ω	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4
σ	1,06	1,1	1,18	1,27	1,37	1,5	1,65	1,85

Затем находят отношение $t_{эф}/\Delta 1/2$, а по приведенным ниже данным – коэффициент K .

$\frac{T_{эф}}{\Delta 1/2}$	0,04	0,07	0,14	0,19	0,23	0,27	0,31	0,37	0,41
K	0,99	0,95	0,90	0,88	0,85	0,83	0,80	0,78	0,75

$\frac{T_{\text{эф}}}{\Delta 1/2}$	0,47	0,51	0,57	0,62	0,68	0,74	0,8	0,87	0,93
K	0,73	0,7	0,68	0,65	0,63	0,60	0,58	0,55	0,53

$\frac{T_{\text{эф}}}{\Delta 1/2}$	1,07	1,34	1,52	1,86	2,15	2,51	3,00	3,39	3,74
K	0,48	0,40	0,35	0,28	0,23	0,18	0,13	0,10	0,08

$\frac{T_{\text{эф}}}{\Delta 1/2}$	4,05	4,47	4,84	5,05	5,63
K	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02

Если для снижения скорости счета помещают экран между счетчиком и препаратом, то в формулу вводят поправку $t_{\text{экр}}$, указывающую толщину экрана, мг/см^2 : $t_{\text{эф}} = (t_{\text{сч}} + t_{\text{экр}} + 1,293h)\sigma$.

Коэффициент K можно рассчитать по формуле

$$K = e \cdot \frac{-0,693 t_{\text{эф}}}{\Delta 1/2}$$

P – поправка на рассеяние бета-частиц в слое препарата (поправка на самопоглощение). Если толщина слоя препарата (мг/см^2) равна или меньше $0,1\Delta 1/2$ или больше $4-5\Delta 1/2$, то P равен 1 (тонкий или толстый слой препарата). Если препарат нанесен на подложку промежуточным слоем, то поправку рассчитывают по формуле

$$P = \frac{(1 - e^{\frac{-0,693d}{\Delta 1/2}})}{\frac{-0,693d}{\Delta 1/2}}$$

σ – поправка на обратное рассеяние бета-частиц – зависит от величины энергии бета-излучения, плотности материала подложки. Поправку можно найти по следующим данным:

$E_{\beta-}$,	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
----------------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

МэВ

q	1,13	1,13	1,14	1,15	1,17	1,1	1,20	1,21
						8		

E β -, МэВ	0,9	1,0	1,2	1,64	1,8	2,0	2,25
---------------------	-----	-----	-----	------	-----	-----	------

q	1,22	1,23	1,25	1,27	1,28	1,2	1,29
						8	

r – поправка на схему распада для многих бета-излучателей, составляет 1, т.е. при каждом акте распада ядра атома освобождается одна бета-частица. Например, если из 100 распадов приходится 88% на бета-распад, а 12% на К– захват, сопровождающийся гамма-излучением (^{40}K), то r будет равен 0,88.

γ – поправка на гамма-излучение, вводится в том случае, если изотоп является смешанным бета-излучателем (^{60}Co , ^{137}Cs и др.).

Для получения этой поправки необходимо определить скорость счета от препарата за счет гамма- и бета-излучения (N^1), затем экранировать препарат алюминиевым экраном в целях полного поглощения бета-излучения (10 слоев $\Delta 1/2$) и определить скорость счета изолированного препарата (N^2):

$$\gamma = 1 + \frac{N^2 - N_\phi}{N^1 - N_\phi}$$

Порядок выполнения работы:

1. Рассчитать активность препарата ($A_{пр}$) согласно результатам измерений, представленных в табл. 15, если измерения проводились при размещении препарата на стандартной алюминиевой подложке площадью $2,5\text{см}^2$.

2. Рассчитать удельную активность препарата (Ки/кг) по формуле

$$A_{пр} = \frac{N_{0пр} \cdot 10^6}{m}$$

$$\frac{2,22 \cdot 10^{12} \omega K \epsilon P q r}{\gamma m}$$

Таблица 17.

**Исходные данные для расчета активности
препарата**

№ п/п	Nф, имп/мин	N ¹ пр+фон, имп/мин	Rпр, см	h, см	Rсч, см	Tсч, мг/см ²	Масса пре- парата(м), мг	Изотоп за- грязнитель
1	250	1840	0,7	0,5	1,5	1,8	250	¹³¹ J
2	420	4257	0,6	0,5	1,5	2,5	300	⁹⁰ Sr
3	292	3186	0,5	0,8	1,5	2,4	200	⁹⁰ Sr
4	228	1572	0,8	0,8	2,0	2,1	200	¹³⁷ Cs
5	424	5004	0,7	0,5	2,0	1,9	300	¹³⁷ Cs
6	327	1723	0,8	0,8	1,5	2,8	150	¹²⁵ J
7	350	991	0,6	0,5	1,5	1,5	100	⁹⁰ Sr

Результаты расчета поместить в табл.18.

Таблица 18. Определение активности препарата расчетным
методом

Номер вари- анта	ω	ε	K	P	q	r	Aпр	A

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

РАСЧЕТ ДОЗ ВНЕШНЕГО И ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ

Цель занятия: ознакомиться с основными способами расчета доз при внешнем и внутреннем облучении.

Время: 2 часа.

Методические указания

Нормами радиационной безопасности НРБ-99/2009 установлены дозовые пределы для различных категорий облучаемых лиц. Поэтому все работающие с РВ должны уметь рассчитать дозу излучения исходя из количества РВ, а также знать методы снижения величины дозы.

При равномерном распределении альфа- и бета-излучателей внутри объекта облучения можно считать, что вся энергия излучения идет на ионизацию тканей. Поглощенная доза в этом случае определяется по формуле для альфа- и бета-излучающих изотопов:

$$D_{\text{п}} = 73,8 \times C_0 \times E \times T_{\text{эфф}} \times W (1 - e^{-0,693 t / T_{\text{эфф}}}), \text{ рад},$$

где $D_{\text{п}}$ – поглощенная доза в радах для бета-излучающих изотопов, бэр для альфа-излучающих изотопов;

C_0 – начальная концентрация, мКи/г;

E – средняя энергия бета- или альфа-частиц, Мэв;

$T_{\text{эфф}}$ – эффективный период полувыведения, сутки;

t – время облучения, сутки;

W – взвешивающий коэффициент для данного вида излучения.

При однократном поступлении в организм гамма-излучающего изотопа поглощенную дозу за определенный период рассчитывают по формуле

$$D_{\text{п}} = 0,032 \times K_{\gamma} \times C_0 \times \rho \times q \times T_{\text{эфф}} (1 - e^{-0,693 t / T_{\text{эфф}}}),$$

где $D_{\text{п}}$ – поглощенная доза, рад;

K_{γ} – гамма-постоянная изотопа, Р/ч;

C_0 – начальная концентрация изотопа, мКи/г;

ρ – плотность ткани, г/см³;

q – геометрический фактор, зависящий от формы и размера био-объекта;

$T_{\text{эфф}}$ – эффективный период полувыведения изотопа из организма.

Если в объекте одновременно находятся альфа- бета- и гамма-излучающие изотопы, то отдельно рассчитывают дозы от каждого вида излучения, а полученные величины складывают.

Дозу от внешнего точечного источника определяют по формуле

$$D_{\text{э}} = D_{\text{п}} = \frac{K_{\gamma} \times A \times t}{R^2}$$

где K_{γ} – гамма -постоянная изотопа, Р/ч;

A – активность, мКи;

R – расстояние от источника, см;

t – время облучения, ч,

Если вместо активности известен гамма-эквивалент радиоактивного изотопа (M мг-экв.радия), то расчет ведут по формуле

$$D_{\text{э}} = D_{\text{п}} = \frac{8,4 \times M \times t}{R^2}$$

где 8,4 – гамма-постоянная радия.

Источник можно считать точечным, если его линейные размеры в 5-10 раз меньше расстояния, на котором измеряются дозы.

Доза, полученная экспериментатором, прямо пропорциональна времени пребывания в зоне облучения РВ. Доза излучения большой эффективности в течение малого промежутка времени физиологически более опасна, чем действие излучения малой интенсивности в течение большого промежутка времени. По-

этому препараты с большой интенсивностью излучения недопустимо брать руками даже на короткое время.

Доза излучения прямо пропорциональна количеству РВ, поэтому целесообразно работать с минимально возможным количеством РВ.

Интенсивность излучения убывает при удалении от источника пропорционально квадрату расстояния, поэтому все операции с РВ рекомендуется проделывать на расстоянии, используя манипуляторы.

Порядок выполнения работы:

1. Выбрать вариант задания из табл. 19.
2. Рассчитать эквивалентную дозу, которую можно получить при данных параметрах облучения.
3. Определить время облучения, в течение которого при тождественности остальных условий облучения организм получит предельно разрешенное НРБ-99/2009 значение эквивалентной дозы 1мЗв/год.
4. Дать рекомендации по снижению величины эквивалентной дозы.

Таблица 19.

Исходные данные для расчета эквивалентной доза облучения

Номер вариан-	Локализация источника излучения	q	p	Вид изотопа	Начальная концентрация, мКи/г(Со)	Активность, мг-экв.радия (М)	Средняя энергия излучения, Мэв (Е)	Тэф, сут	Время облучения, сут	R,м	ОБЭ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Внутренний			⁹⁰ Sr	0,001	-	0,2	380	500	-	1
	Внутренний	2.6	1.5	¹³⁷ Cs	0,004	-	0,16	45	30	-	1
	Внешний	-	-	⁶⁰ Co	-	2.5	0.098	-	3	1.0	-
2	Внутренний	-	-	⁹⁰ Sr	0,001	-	0,2	2	2	-	1
	Внутренний	1	1,2	¹³¹ I	2	0.35	0.364	60	30	-	1
	Внешний	-	-	¹³⁷ Cs	-	11,2	0,16	-	30	2,0	-

3	Внутренний	1	1	^{90}Sr	0,002	-	0,2	380	450	-	1
	Внутренний	1	3,5	^{140}La	0,02	-	0.62	120	330	-	1
	Внешний	-	-	^{131}I	-	30,8	0,364	-	60	0,5	-
4	Внутренний	1	1,2	^{137}Cs	0,004	-	0,16	45	30	-	1
	Внешний	-	-	^{125}I	-	53,6	0,035	-	15	0,3	-
5	Внутренний	3,5	1,7	^{137}Cs	0,005	-	0,16	70	365	-	1
	Внешний	-	-	^{125}I	-	22,0	0,035	-	30	0,5	-
6	Внутренний	2.6	1.5	^{137}Cs	0,004		0,16	70	30		1
	Внешний	-	-	^{60}Co	-	25,5	0.098	-	15	1.0	-

Окончание табл. 19

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7	Внутренний	4.3	2,5	^{140}La	0,32	-	0.62	120	300	-	1
	Внешний	-	-	^{137}Cs	-	102,0	0,16	-	30	0,5	-

8	Внутренний	4,8	1,5	^{140}Ba	0,025	-	0,26	350	90	-	1
	Внешний	-	-	^{131}I	-	30,8	0,364	-	15	0,5	-
9	Внутренний	2,5	1,7	^{137}Cs	0,005	-	0,16	70	365	-	1
	Внешний	-	-	^{60}Co	-	33,5	0,098	-	7	1,0	-
10	Внутренний	4,9	1,2	^{137}Cs	0,002	-	0,16	45	30	-	1
	Внешний	-	-	^{125}I	-	61,0	0,035	-	30	0,5	-

**ЭКСПРЕССНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМНОЙ И УДЕЛЬНОЙ
АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДНЫХ ИСТОЧНИКОВ Cs-137
В ВОДЕ И ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ МЕТОДОМ
«ПРЯМОГО» ИЗМЕРЕНИЯ «ТОЛСТЫХ» ПРОБ**

Цель занятия: изучить порядок проведения экспрессного определения объемной и удельной радиоактивности нуклидов в воде, продуктах питания, продукции растениеводства и животноводства методом «прямого» измерения «толстых» проб.

Время: 2 часа

Порядок выполнения работы:

1. С помощью прибора ИМД -5 установить однородность радиоактивного загрязнения исследуемых объектов по измеренным уровням гамма-излучения. Продукция считается однородной, если измерения, проведенные в разных точках упаковки, различаются не более чем в 2 раза. Неоднородную продукцию сортируют на три группы по степени ее радиоактивной загрязненности (высокая, средняя, низкая).

2. Провести отбор и подготовку проб для определения объемной и удельной активности.

3. С помощью прибора РКС-107 измерить удельную активность радионуклидов в воде.

Снять заднюю крышку-фильтр. Заполнить измерительную кювету заведомо чистой в радиационном отношении водой до метки – буртика внутри кюветы; установить прибор на кювету.

Включить прибор кнопкой ВКЛ. Установить указатель режима работы прибора в положение «Бк/г х 10». Снять отсчет фонового показания прибора (Аф). Записать результат.

Вылить воду из кюветы, просушить её и заполнить исследуемой водой до той же метки и, повторив измерение, записать результат (Аи).

По формуле рассчитать величину удельной активности радионуклида цезий-137 в воде (А) в беккерелях на грамм:

$$A = A_i - A_f, \text{ (Бк/г)}$$

Перевести удельную активность радионуклидов в воде (Бк/г) в объемную (Бк/л).

4.С помощью прибора ДРГБ-01 измерить удельную активность радионуклидных источников Cs-137 в продуктах питания (крупы, мясо, творог, соль).

Приготовить пробы продукта. Продукт залить или засыпать, предварительно измельчив, ровным слоем в чистую стеклянную банку вместимостью 0,5 л с площадью горловины не менее 40 см таким образом, чтобы его поверхность не доходила до края банки 3-5 мм.

Измерить удельную активность Cs-137 поочередно в каждой приготовленной пробе продуктов в кБк/кг.

5.Занести в таблицу 20 удельную и объемную активность каждой пробы в Бк/кг и Бк/л.

Таблица. 20.

Удельная и объемная активность Cs-137 в воде и продуктах питания, Бк/кг (Бк/л)

Прибор	Вода	Крупа	Мясо	Творог	Соль
РКС-107					
ДРГБ-01					

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11

РАДИОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОБЪЕКТОВ ВЕТЕРИНАРНОГО НАДЗОРА

Цель занятия: познакомиться с методикой проведения радиометрического анализа объектов ветеринарного надзора.

Время: 4 часа.

Методические указания

При малой радиоактивности объектов ветеринарного надзора экспрессным методом обнаружить ее не удастся. В этом случае пробу концентрируют (озоляют) и проводят радиометрию золы.

Радиоактивность золы можно определить *абсолютным, расчетным и относительным (сравнительным)* методами. Наиболее часто используют последний.

Порядок выполнения работы:

1. Отбор проб. При отборе проб использовать материалы практической работы №4. Проба должна быть усредненной и достаточной по массе для получения 200-300 мг золы.

2. Массу пробы рассчитать по формуле

$$= \frac{M_{\text{п}}}{M_{\text{з}}} \cdot K_{\text{оз}}$$

где $M_{\text{п}}$ – масса сырой пробы;

$M_{\text{з}} - 3 \times 10^{-4}$ кг – масса золы, необходимая для анализа;

$K_{\text{оз}}$ – коэффициент озоления, выбирается по табл. 21.

Таблица 21.

Коэффициент озоления для кормов и продуктов питания

Проба	Коэффициент озоления	Проба	Коэффициент озоления
Трава	0,02	Мякина	0,09-0,12
Сено	0,04-0,05	Мясо	0,01-0,02

Солома	0,05-0,07	Молоко	0,007-0,012
Корнеплоды	0,01	Кости	0,35-0,5
Зерно	0,03-0,04		

3. Жидкие пробы концентрируют выпариванием, а твердые – высушиванием с последующим сжиганием и озолением. При сжигании проб не допускать горения пламенем, чтобы избежать потерь радиоизотопов. Сжигание считается законченным, если прекращается вспучивание (мясо, молоко) и отхождение дыма. Работу проводят в вытяжном шкафу. Озоление проводят в муфельных печах при температурах не выше 450⁰С, чтобы избежать потерь радиоизотопов возгонкой.

4. Рассчитать фактический коэффициент озоления:

$$K_{оз} = M_з / M_{п},$$

где $M_з$ – фактическая масса золы, кг;

$M_{п}$ – фактическая масса сырой пробы, кг.

5. Подготовить радиометр к работе.

6. Определить скорость счета от фона $N_{ф}$ (имп/мин) по формуле

$$N_{ф} = N / t,$$

где N – общее число сосчитанных импульсов от фона за t минут;
 t – 30 минут, рекомендуемое время измерения.

7. Поместить под счетчик на расстоянии 3-5мм эталонный препарат ⁴⁰K (300мгKCl) на стандартной алюминиевой подложке (площадь 2,5см²).

8. Определить скорость счета от эталона $N_{эт}$ (имп/мин) за 20 минут.

9. При тождественных условиях измерения определить скорость счета от препарата с фоном N^1 (имп/мин), время счета 30 минут.

10. Определить скорость счета от препарата без фона:

$$N_{пр} = N^1 - N_{ф}.$$

11. Определить активность эталона Аэт. Активность 100мг KCl 1,44 Бк.

12. Рассчитать активность препарата золы Апр (Бк):

$$A_{\text{пр}} = \frac{A_{\text{эт}} \times N_{\text{пр}}}{N_{\text{эт}}}$$

13. Определить удельную активность 1кг золы пробы q(Бк/кг):

$$q = A_{\text{пр}} / M_{\text{з}},$$

где Mз - масса золы, кг.

14. Рассчитать удельную активность сырой пробы Q(Бк/кг):

$$Q = q \times K_{\text{оз}}.$$

15. Сравнить удельную активность сырой пробы с предельно допустимым уровнем загрязнения согласно СанПиН 2.3.2.1078-01. Сделать заключение.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №12

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ СУММАРНОЙ БЕТА-АКТИВНОСТИ КОРМОВ ЖИВОТНЫХ ПО УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ЗОЛЬНЫХ ОСТАТКОВ

Цель занятия: изучить порядок определения удельной суммарной бета-радиоактивности сена, комбикорма по удельной активности зольных остатков различными методами.

Время: 2 часа.

Порядок выполнения работы:

1. Подготовить радиометр к работе.
2. Определить отсчет фонового показания прибора . Измерения необходимо провести в тех же условиях, в которых будет проведена радиометрия проб.
3. Приготовить эталонный препарат ^{40}K (200-300мг KCl) на стандартной алюминиевой подложке площадью 2,5 см².
4. Определить число счета зарегистрированных импульсов от эталона за время счета t , равное 20 минутам, и вычислить N_{0 эт} (имп/мин).
5. Определить скорость счета от зольных остатков кормов (сена, комбикорма), нанесенных на стандартную алюминиевую

подложку (200-300мг). Определить скорость счета N^1 (имп/мин) от препарата с фоном. $N^1 = N/t$.

6. Определить скорость счета без фона по формуле

$$N_{o\text{ пр}} = N^1 - N_{\text{ф.}}$$

Используя полученные данные радиометрии эталона и препарата и известные данные об эталоне ^{40}K , рассчитать удельную радиоактивность исследуемой пробы.

Методы расчета удельной бета -радиоактивности исследуемых объектов ветеринарного надзора

Расчет может быть проведен по одной из предложенных методик.

Сравнительный метод по пропорции:

1. $A_{\text{эт}} - N_{o\text{ эт}}$

$A_{\text{пр}} - N_{o\text{ пр}}$

Отсюда $A_{\text{пр}} = A_{\text{эт}} N_{o\text{ пр}} / N_{o\text{ эт}}$,

где $A_{\text{пр}}$ – неизвестная активность препарата золы пробы (200-300мг);

$A_{\text{эт}}$ – активность эталона ^{40}K , расп/мин в навеске КС1 200-300мг;

$N_{o\text{ эт}}$ – скорость счета эталона без фона, имп/мин;

$N_{o\text{ пр}}$ – скорость счета препарата без фона, имп/мин.

2. Определив активность препарата золы 200 ($2 \cdot 10^2$) или 300 ($3 \cdot 10^3$)мг, рассчитать удельную радиоактивность 1 кг (10^6 мг) золы пробы q по пропорции

$$2 \cdot 10^2 \text{ мг} - A_{\text{пр}}$$

$$10^6 \text{ мг} - q$$

3. Определить удельную радиоактивность сырой пробы Q по формуле $Q = q \times M$ расп/мин/кг, где M – коэффициент озоления пробы.

4. Выразить радиоактивность пробы в кюри:

$$q \text{ расп/мин/кг} / 2,22 \cdot 10^{12} \text{ расп/мин} = \text{Ки/кг}$$

Перевести радиоактивность в Бк/кг.

*Метод расчета бета-активности по эффективности
радиометрической установки
(по эталону ^{40}K (200-300мг KCl)*

1. Определить коэффициент эффективности счета, выраженный в процентах:

$$K_{\text{эф}} = N_{0 \text{ эт}} / A_{\text{эт}} P_{\text{эт}} \cdot 100,$$

где $P_{\text{эт}}$ – поправка на самопоглощение бета-частиц в препарате, так как эталонный препарат приготовлен промежуточным слоем и P не равно 1.

2. Рассчитать активность препарата золы $K_{\text{и}}$ по формуле

$$A_{\text{пр}} = N_{0 \text{ пр}} / K_{\text{эф}} P_{\text{пр}} \cdot 2,22 \cdot 10^{12}$$

При этом эффективность счета в формулу подставляют не в процентах, а в долях числа. Например, если $K_{\text{эф}} = 10\%$, то в формулу п. 2 подставляют 0,1.

3. Определить удельную активность 1 кг золы пробы в Бк/кг.

4. Рассчитать удельную активность сырой пробы в $K_{\text{и}}$ /кг и Бк/кг.

Метод расчетный

Определить удельную активность

$$A = \frac{1 \cdot 10^6 N_0}{\omega k q p m} = \frac{1 \cdot 10^6 N_0}{2,22 \cdot 10^{12}}$$

где ω – поправка на геометрию счета;

k – поправка на поглощение бета-частиц в слюде окна счетчика и в воздухе между пробой и счетчиком;

q – поправка на обратное рассеяние;

p – поправка на самопоглощение бета частиц в препарате;

m – масса навески.

Провести расчет удельной бета-активности исследуемых проб объектов ветеринарного надзора тремя методами, поместить результаты в таблицу 22 и дать заключение.

Таблица 22.

**Результаты определения удельной
бета-активности кормов различными методами**

Скорость счета фона, $N_{\text{ф}}$	Скорость счета эталона, $N_{0 \text{ эт}}$	Скорость счета препарата сфоном, N^1	Скорость счета препарата без фона, $N_{0 \text{ пр}}$	Удельная радиоактивность пре- парата					
				1 кг золы			1 кг сырой пробы		
				метод 1	метод 2	метод 3	метод 1	метод 2	метод 3

Таблица 23.

Характеристики некоторых радиоактивных изотопов

Элемент	Период полу- распада, Т	Постоян- ная рас- пада, λ	Макси- мальная энергия, Мэв	Средняя энергия, Мэв Е	Энергия γ -квантов, Мэв	Полная постоян- ная, р/ч К γ	Слой поло- винного ос- лабления мг/см ²
³ H	12,46 лет	0,0556/го д	0,019	0,006	--	--	0,28
²⁴ Na	15,06 ч	0,046/ч	1,39	0,55	2,76(100%)	19,06	88
¹⁴ C	55,68 года	-	0,115	0,053	--	--	2,6
³² P	14,3 дня	0,04873/с ут	1,708	0,68	--	--	115
³⁵ S	87,1 дня	0,00794/с ут	0,169	0,056	--	--	3,0
⁴⁰ K	1,42·10 ⁹ л ет	--	1,325	0,51	1,46	0,81	81,0
⁴⁵ Ca	152 дня	0,00422/с ут	0,254	0,084	--	--	5,5
⁶⁰ Co	5,3 года	0,0153/сут	0,306	0,098	1,33(100%) 1,17(100%)	13,3	

^{59}Fe	45,1 дня	0,085/сут	0,46(50%) 0,257(50%)	0,16 0,082	1,289(43%)) 1,098(56,7%)	6,25	5,5
^{131}J	8,04 дня	0,1317/год д	0,250(2,8%) 0,395(9,3%) 0,608(87,2%) 0,812(0,7%)	0,07 0,097 0,27 0,19	0,364(80,9%)	2,3	39
^{125}J	60дней		0,61		0,035	066	24,4
^{90}Sr	28лет		0.61	0.20	--	--	156
^{140}La	40ч		1,32(70%) 1,67(20%)	0,62	0,329(41%)) 0,816(35%))	11,38	7,3
^{90}Y	64,24ч	0,01182/ч	2,18	0,89	--	--	150
^{91}Y	58,5года		1,537	0,512	--	--	120
^{137}Cs	30лет		0,51(92%) 1,17(8%)	0,16 0,40	0,662(92%))	3,55	18,9
^{140}Ba	12,8дня		0,48(40%)	0,268	0,554(30%))	2,52	60,0
^{144}Ce	282дня		0,3	0,084	0,081	0,25	7,0

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании данных, полученных в результате дозиметрических, радиометрических и спектрометрических исследований, разрабатываются меры профилактики и лечения животных с лучевыми поражениями, а также методы радиометрической и радиохимической экспертизы объектов ветеринарного надзора.

Учитывая особую важность и перспективность внедрения в практику животноводства и ветеринарии современных методов исследований, авторы пособия значительное место отвели изложению основных положений и принципов обеспечения радиационной безопасности человека во всех условиях воздействия на него ионизирующего излучения искусственного или природного происхождения.

Практическая часть описана конкретно, в сжатой форме, включая порядок выполнения работы. В методических указаниях приводятся вводные данные, что позволяет лучше освоить материал, приобрести необходимые навыки работы на радиометрических и дозиметрических приборах, с радиоизотопными методами исследования. Представлены известные методы определения активности радионуклидов в воде, продуктах питания и кормах, что особо важно для практической ветеринарии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лысенко Н.П. Радиобиология: учебник / Н.П. Лысенко, В.В. Пак, Л.В. Рогожина, З.Г. Кусурова; под ред. Н.П. Лысенко, В.В. Пака. – СПб.: Лань, 2012.- 576 с.
2. Жуковский В. М. Радиоактивность и радиационная безопасность: Общедоступные лекции для студентов, журналистов, чиновников и избранных народа всех уровней: Учебное пособие. - Екатеринбург: Изд-во Урал.ун-та, 2012.- 294 с.
3. Кармазин В.П. Сборник задач по радиационной безопасности и защите от излучений: Учебное пособие / В.П. Кармазин, Ю.И. Колеватов и др. - М.: Форум, 2010. - 64 с.
4. Пивоваров Ю.П. Радиационная экология: Учеб. Пособие для студ. высш. учеб. Заведений / Ю.П. Пивоваров, В.П. Михалев. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 240 с.
5. Ярмоненко С.П. Радиобиология человека и животных. Учеб. пособие / С.П. Ярмоненко, А.А.Вайнсон . -М. Высш. шк.2004. – 549 с.
6. Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)». – М., 2010.
7. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)». – М., 2009.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Введение</i>	3
1. Практическая работа № 1. Основы радиационной безопасности.....	4
2. Практическая работа № 2. Обеспечение радиационной безопасности персонала, работающего с источниками ионизирующих излучений.....	13
3. Практическая работа № 3. Дозиметрия и радиометрия ионизирующих излучений.....	22
4. Практическая работа № 4. Правила отбора проб продукции животного и растительного происхождения, кормов с целью лабораторного контроля их качества.....	31
5. Лабораторная работа №1. Дозиметрические приборы переносного типа.....	39
6. Лабораторная работа №2. Комбинированные дозиметрические приборы	45
7. Лабораторная работа № 3. Исследование влияние расстояния между измеряемым препаратом и счетчиком на плотность потока β -излучения.....	54
8. Лабораторная работа № 4. Исследование влияния плотности материала подложки на скорость счета от β -излучения.....	55
9. Лабораторная работа № 5. Изучение средств дозиметрии.....	58
10. Лабораторная работа № 6. Определение эффективности счета препарата по эталону.....	61
11. Лабораторная работа № 7. Определение активности препарата относительным методом.....	63
12. Лабораторная работа № 8. Определение активности препарата расчетным методом.....	65
13. Лабораторная работа № 9. Расчет доз внешнего и внутреннего облучения.....	70
14. Лабораторная работа №10. Экспрессное определение объемной и удельной активности радионуклидных источников Cs-137 в воде и продуктах питания методом «прямого» измерения «толстых» проб.....	77

15. Лабораторная работа №11. Радиометрический анализ объектов ветеринарного надзора.....	79
16. Лабораторная работа №12. Определение удельной суммарной бета-активности кормов животных по удельной активности зольных остатков.....	81
Заключение.....	87
<i>Библиографический список.....</i>	<i>88</i>

Составители:
Мармулева Надежда Ивановна
Дзю Елизавета Леонидовна
Овчинникова Любовь Алексеевна
Понуровский Виктор Андреевич

**ПРАКТИКУМ
ПО ВЕТЕРИНАРНОЙ
РАДИОБИОЛОГИИ**

Редактор *М.Г. Девищенко*
Компьютерная верстка *В.Н. Зенина*

Подано в печать «__» _____ 2018 г. Формат 60x84 ¹/₁₆
Объем 5,81 уч.-изд. л., 5,81 усл. печ. л.
Тираж 10 экз. Изд №__ Заказ ____

Отпечатано в Издательском центре НГАУ «Золотой колос»
630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, кааб. 106.
Тел./факс (383) 267-09-10. E-mail: 2134539@mail.ru