

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»
ФАКУЛЬТЕТ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Кундик Т.М.

Методическое пособие
к практическим занятиям
по **ОП.12 Сельскохозяйственная
радиология**
Специальность: 35.02.05 Агрономия

Брянская область
2018

УДК 63:615.849 (076)

ББК 40.1

К 91

Кундик, Т. М. Методическое пособие к практическим занятиям по ОП.12 Сельскохозяйственная радиология Специальность: 35.02.05 Агрономия / Т. М. Кундик. - Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. – 99 с.

Методическое пособие к практическим занятиям по дисциплине «**Сельскохозяйственная радиология**» - дает студентам теоретические знания и практические навыки, необходимые для выполнения в будущем задач, стоящих перед сельским хозяйством по контролю за радиоактивной загрязнённостью среды, сельскохозяйственной продукцией, по обеспечению населения экологически безопасной продукцией, организации ведения животноводства и растениеводства на загрязнённой радионуклидами местности.

Рецензент: канд. б. н. Брянского ГАУ Слезко Е.И.

Рекомендовано к изданию цикловой методической комиссией общепрофессиональных дисциплин от 20.04. 2018 года, протокол № 6.

© Брянский ГАУ, 2018

© Кундик Т.М., 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Занятие 1. Техника радиационной безопасности	7
Занятие 2. Основные понятия и термины	10
Занятие 3. Радиоактивность	20
Занятие 4. Единицы доз излучения и радиоактивности	25
Занятие 5. Нормы радиационной безопасности (НРБ-2000)	27
Санитарные правила и нормы (СанПиН)	
Занятие 6. Приборы дозиметрического и радиометрического контроля	30
Занятие 7. Изучение приборов и приспособлений для обнаружения и регистрации излучений	32
Занятие 8. Изучение системы и методов радиационного контроля. Прогноз поступления радионуклидов в продукцию растениеводства	39
Занятие 9. Измерение уровня гамма-радиации с помощью радиометра СРП- 68 – 01	56
Занятие 10. Режим питания и содержания животных при радиоактивном загрязнении среды	71
Занятие 11 Прогнозирование и нормирование поступления радионуклидов в организм животных и продукцию животноводства	76
Глоссарий	79
Список литературы	97
Приложение	98

Введение

Сельскохозяйственная радиология - самостоятельное направление общей радиологии, получившей название - радиационная биология или радиология.

Главной задачей сельскохозяйственной радиобиологии является изучение биологического действия ионизирующего излучения на объекты сельскохозяйственного производства (растения, животные), миграции радиоактивных веществ в трофической цепи почва-растения-животные-продукция растениеводства и животноводства, а так же путей применения атомной энергии в сельском хозяйстве.

Целью практических занятий является подготовка студентов, владеющих основами сельскохозяйственной радиологии, способных с помощью различных дозиметрических приборов оценить радиационную обстановку на территории сельхозпредприятий; определить радиоактивное загрязнение поверхностей рабочих мест и оборудования; проводить радиометрическую экспертизу объектов окружающей среды и продукции сельского хозяйства; соблюдать технику радиационной безопасности при работе с радиоактивными веществами и в условиях радиоактивного загрязнения территории; проводить мероприятия, снижающие дозовую нагрузку на организм человека.

Содержание дисциплины ориентировано на подготовку обучающихся к освоению учебной дисциплины ППССЗ по специальности 35.02.05 Агрономия и овладение профессиональными компетенциями (ПК)

ВПД Реализация агротехнологий различной интенсивности.

ПК 1.1. Выбирать агротехнологии для различных сельскохозяйственных культур.

ПК 1.2. Готовить посевной и посадочный материал.

ПК 1.3. Осуществлять уход за посевами и посадками сельскохозяйственных культур.

ПК 1.4. Определять качество продукции растениеводства.

ПК 1.5. Проводить уборку и первичную обработку урожая.

ВПД Защита почв от эрозии и дефляции, воспроизводство их плодородия.

ПК 2.1. Повышать плодородие почв.

ПК 2.3. Контролировать состояние мелиоративных систем.

ВПД Хранение, транспортировка, предпродажная подготовка и реализация продукции растениеводства.

ПК 3.1. Выбирать способы и методы закладки продукции растениеводства на хранение.

ПК 3.2. Подготавливать объекты для хранения продукции растениеводства к эксплуатации.

ПК 3.3. Контролировать состояние продукции растениеводства в период хранения.

ПК 3.4. Организовывать и осуществлять подготовку продукции растениеводства к реализации и ее транспортировку.

ПК 3.5. Реализовывать продукцию растениеводства.

ВПД Управление работами по производству продукции растениеводства.

ПК 4.1. Участвовать в планировании основных показателей производства продукции растениеводства.

ПК 4.2. Планировать выполнение работ исполнителями.

ПК 4.3. Организовывать работу трудового коллектива.

ПК 4.4. Контролировать ход и оценивать результаты выполнения работ исполнителями.

ПК 4.5. Вести утвержденную учетно-отчетную документацию.

В процессе освоения дисциплины у студентов формируются общие компетенции (ОК)

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

Занятие 1

ТЕМА: Техника радиационной безопасности (2 часа)

Цель работы:

1. Изучить правила техники радиационной безопасности.
2. Ознакомиться со средствами индивидуальной защиты и научиться ими пользоваться.
3. Ознакомиться с дезактивирующими средствами и провести дезактивацию рабочего места.

Ответственным за радиационным контролем и проведение мероприятий, снижающих вредное действие радиации, является руководитель предприятия. Руководитель и каждый специалист должен знать, что основные мероприятия направленные на снижение вредного воздействия радиации, включают в себя: полную информированность о радиационной обстановке на рабочем месте, применение организационно-технических мероприятий по снижению уровня радиации на рабочих места, создание условий для соблюдения санитарно-гигиенических требований работающих, обучение работающих безопасным методам работы, контроль за реализацией и эффективностью защитных и оздоровительных мероприятий.

Вредными радиационными факторами являются:

- ионизирующие излучение из почвы, растений, кормов, животных, машинно-тракторных агрегатов, загрязняющих рабочих мест, обтирочных материалов, масел и отработанных фильтров;
- радионуклиды содержащиеся в объектах окружающей среды.

С целью уменьшения дозы облучения механизированные работы следует проводить с использованием техники, удовлетворяющей "Временным требованиям к обеспечению защиты самоходных машин от проникновения в них радиоактивных, химических и других вредных веществ.

Сельскохозяйственные угодья (поля, участки, объекты) должны быть обследованы на радиационное загрязнение и отмечены места с минимальным загрязнением для отдыха.

При работе на машинно-тракторных агрегатах не допускается использование рабочих мест вне кабины. Если на поле работает несколько агрегатов, следует избегать взаимного распыления друг друга.

Во время перерывов в работе следует отдыхать в специально отведенных местах, где должны быть созданы условия для приема пищи.

Отличительной особенностью эксплуатации, ремонта и обслу-

живания техники является необходимость контроля уровня ее загрязнения и снижение ее дезактивационными мероприятиями до приемлемого уровня.

Контролю подвергаются: рабочие места механизаторов в кабине (пол, потолок, спинка сиденья, щиток приборов, и на уровне зоны дыхания механизатора); наружные поверхности техники в местах обслуживания; прицепные и навесные машины в местах обслуживания и контроля технического процесса.

При необходимости выполнения работ по дезактивации, они выполняются согласно "Рекомендациям по дезактивации, использованию и снижению загрязнения сельскохозяйственной техники, работающей в зоне радиоактивного загрязнения" утвержденным Госагропром СССР 08.10.1986 г.

Санитарно-гигиенические мероприятия по обеспечению радиационной безопасности, при работе в условиях радиоактивного загрязнения, предусматривают обеспечение работников спецодеждой, спецобувью, головными уборами, перчатками, респираторами и защитными очками.

Спецодежда не менее одного раза в неделю должна направляться в централизованную стирку, а при необходимости - чаще.

Руководители и специалисты должны обеспечить условия, чтобы после рабочей смены каждый работник мог вымыть голову и тело теплой водой с мылом. Но не следует использовать для мытья дождевую воду.

Прием пищи в полевых условиях должен проходить, в закрытых пунктах питания, обеспеченных необходимым инвентарем.

Для перевозки, людей к месту работы, должны использоваться герметичные автобусы с исправной вентиляцией.

Внутри салона должна проводиться ежесменная, влажная уборка. Радиоактивные вещества и другие источники ионизирующих излучений, обладающие биологическим действием, представляют потенциальную опасность для здоровья человека в результате возможного как внешнего, так и внутреннего облучения. Чтобы работа с радиоактивными веществами была максимально безопасной, необходимо соблюдать требования Норм радиационной безопасности (НРБ-2000) и санитарных правил и норм (СанПин).

Эти документы в законодательном порядке регламентируют основные требования по обеспечению радиационной безопасности и распространяются на все предприятия и учреждения всех министерств и ведомств, которые производят, обрабатывают, хранят, транспортируют естественные и искусственные радиоактивные изотопы и другие

источники ионизирующих излучений, перерабатывают и обезвреживают радиоактивные отходы.

На основе СанПин и НРБ-2000 министерства и ведомства разрабатывают и согласовывают с органами санитарно-эпидемиологической службы по вопросам проведения работ с применением радиоактивных веществ и других источников ионизирующих излучений.

Ответственность за выполнение СанПин возлагаются на руководство учреждений, министерств и ведомств.

Степень радиационной опасности зависит от радиоактивного источника (закрытый или открытый), его физического и химического состояния, вида и энергии излучения, продолжительности периода полураспада изотопа и величины радиоактивности на рабочем месте. Закрытым называется радиоактивный источник излучения, устройство которого в условиях применения исключает попадание радиоактивных веществ в окружающую среду (сплавы, слитки, стержни, диски и т.п.). Такие источники представляют опасность только от внешнего облучения. Открытым называется радиоактивный источник облучения, при использовании которого возможно поступление радиоактивных веществ в окружающую среду (порошки, жидкости, газы).

При работе с радиоактивными веществами в открытом виде, кроме защиты от внешнего облучения, необходимо обеспечивать полную защиту человека от попадания радиоактивных веществ внутрь организма.

Лица, работающие с открытыми радиоактивными источниками, обеспечиваются средствами индивидуальной защиты: халатами, шапочками, перчатками, пластиковыми нарукавниками, фартуками, полухалатами, полукombineзонами, зонами, пневмокостюмами (при ликвидации аварий и т.п.), дополнительной спецобувью (резиновые сапоги, пластиковые следы, бахилы); при работе с радиоактивными газами, аэрозолями, порошками - фильтрующими средствами защиты органов дыхания (противогаз, респиратор, ватно-марлевая повязка); для защиты глаз - щитками из оргстекла.

После работы перед снятием средств индивидуальной защиты их проверяют на чистоту, при загрязнении дезактивируют до предельно допустимых уровней в специально отведенном месте. Загрязнение личной одежды и обуви не допускается, в случае загрязнения их дезактивируют или утилизируют как радиоактивные отходы. Руки и отдельные части тела, загрязненные радиоактивными веществами немедленно промывают водой с мылом или порошком "защита".

В помещениях для работы с открытыми радиоактивными веществами запрещается: пребывание сотрудников (студентов) без необхо-

димых средств индивидуальной защиты: хранение пищевых продуктов, табачных изделий, косметики, домашней одежды; прием пищи, курение, пользование косметикой.

Чтобы ограничить загрязнение рабочих поверхностей оборудования и помещений пользуются пластиковыми пленками, фильтровальной бумагой и другими подсобными материалами разового назначения. Работы проводят на латках, поддонах, протвинуях из слабосорбирующих материалах в защитных боксах.

Во всех помещениях, где ведут работы с радиоактивными источниками, требуется ежедневная влажная уборка, и не реже одного раза в месяц полная уборка с мытьем полов, стен, дверей, окон и наружных поверхностей оборудования. Сухая уборка помещения запрещается.

В лаборатории должен быть постоянный запас дезактивирующих средств (щавелевая кислота, фосфаты, моющие средства «кристалл», "защита" и др.), подбираемых с учетом изотопов и их соединений, используемых в работе, и характера дезактивирующих поверхностей.

По окончании работы каждый сотрудник (студент) должен убрать свое рабочее место, дезактивировать посуду, инструменты и другое оборудование до предельных допустимых уровней загрязнения, контролируя радиометрическими приборами.

Радиационный контроль осуществляют лица, выделенные из числа сотрудников (студентов), прошедшие специальную подготовку, или служба радиационной безопасности.

Занятия 2

ТЕМА: Радиоактивность (4 часа)

Цель: Изучить характеристику радиоактивных излучений и типов ядерных превращений.

Радиоактивность – отнюдь не новое явление; новизна состоит лишь в том, как люди пытались ее использовать. Радиоактивность – самопроизвольное превращение атомов одного элемента в атомы других элементов, сопровождающееся испусканием частиц и жесткого электромагнитного излучения. И радиоактивность, и сопутствующие ей ионизирующие излучения существовали на Земле задолго до зарождения на ней жизни и присутствовали в космосе до возникновения самой Земли. Около 20 миллиардов лет назад радиация постоянно наполняет космическое пространство. Радиоактивные материалы вошли в состав Земли с самого ее рождения. Даже животные слегка ра-

диоактивны, так как во всякой живой ткани присутствуют в следовых количествах радиоактивные вещества. Но с момента открытия этого универсального фундаментального явления не прошло еще и ста лет.

Излучение радиоактивных веществ. Естественные радиоактивные элементы испускают три вида излучений: альфа, бета и гамма. В 1899 Резерфорд идентифицировал альфа - и бета-излучение; спустя год П. Вийар открыл гамма-излучение.

Резерфорд и английский физик Ф. Содди указали, что испускание α - лучей сопровождается превращением химических элементов, например, превращением радия в радон. В 1913 американский учёный К. Фаянс и Содди независимо сформулировали т. н. правило смещения, характеризующее перемещение нуклида в периодической системе элементов при α - и β -распадах.

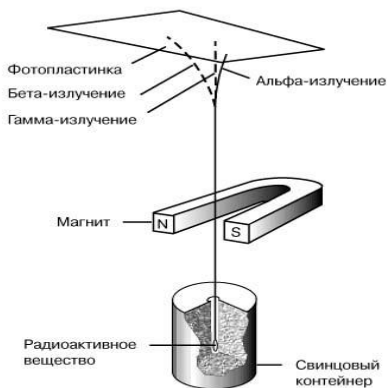


Рис. 1. Схема эксперимента, иллюстрирующего отклонение разных видов радиоактивного излучения в магнитном поле

Альфа-излучение. В воздухе при атмосферном давлении альфа-излучение преодолевает лишь небольшое расстояние, как правило, от 2,5 до 7,5см. В условиях вакуума электрическое и магнитное поля заметно отклоняют его от первоначальной траектории. Направление и величина отклонений указывают на то, что альфа-излучение - это поток положительно заряженных частиц, для которых отношение заряда к массе (e/m) в точности соответствует дважды ионизированному атому гелия (He^{++}). Эти данные и результаты спектроскопического исследования собранных альфа-частиц позволили Резерфорду сделать вывод о том, что они являются ядрами атома гелия.

Бета-излучение. Это излучение обладает большей проникающей способностью, чем альфа-излучение. Как и альфа-излучение, оно отклоняется в магнитном и электрическом полях, но в противоположную сторону и на большее расстояние. Это указывает на то, что бета-излучение является потоком отрицательно заряженных частиц малой массы. По отношению (e/m) Резерфорд идентифицировал бета-частицы как обычные электроны.

Гамма-излучение. Гамма-излучение проникает в вещество гораздо глубже, чем альфа- и бета-излучения. Оно не отклоняется в магнитном поле и, следовательно, не имеет электрического заряда. Гамма-лучи были идентифицированы как жесткое (т.е. имеющее очень высокую энергию) электромагнитное излучение. Разделение радиоактивного излучения в магнитном поле на альфа-, бета- и гамма-лучи схематично показано на рисунке 1.

В 1934 французские физики И. и Ф. Жюлио-Кюри открыли искусственную радиоактивность, т. е. радиоактивность ядер – продуктов ядерных реакций, которая впоследствии приобрела особенно важное значение. Из общего числа (~2000) известных радиоактивных нуклидов лишь около 300 – природные, а остальные получены в результате ядерных реакций. Между искусственной и естественной радиацией нет принципиального различия. Изучение искусственной радиации привело к открытию новых видов β – распада - позитронному β^+ -распаду и *электронному захвату*. В 1939 был обнаружен распад с испусканием запаздывающих нейтронов. В 1940 К. А. Петржак и Г. Н. Флёрвот открыли спонтанное деление ядер.

Для процессов радиоактивного распада характерен экспоненциальный закон уменьшения во времени среднего числа радиоактивных ядер.

Продолжительность жизни радиоактивных ядер характеризуют *периодом полураспада* $T_{1/2}$, (промежутком времени, за который число радиоактивных ядер уменьшается в среднем вдвое). *рис. 2.*

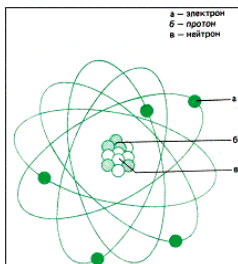


Рис. 2

Во многих случаях продукты радиоактивного распада сами оказываются радиоактивными, и тогда образованию стабильных нуклидов предшествует цепочка из нескольких актов радиоактивного распада. Характерными примерами систем, в которых происходят сложные радиоактивные превращения, являются *радиоактивные ряды* изотопов тяжёлых элементов. Многие радиоактивные ядра могут распадаться по двум или нескольким из перечисленных выше основных типов радиации. В результате конкуренции разных путей распада возникают разветвления радиоактивных превращений. Для природных радиоактивных изотопов характерны разветвления, обусловленные возможностью α - и β -распадов.

Для *трансурановых элементов* наиболее типичны разветвления, связанные с конкуренцией α - (реже β -) распадов и спонтанного деления. У нейтронодефицитных ядер часто наблюдается конкуренция β +распада и электронного захвата. Для многих ядер с нечётными Z (число протонов) и чётными A (массовое число) оказываются энергетически возможными два противоположных варианта β -распада: β -распад и электронный захват или β - и β +распады.

Главным объектом исследования ученых был сам атом, вернее его строение. Мы знаем теперь, что атом похож на Солнечную систему в миниатюре: вокруг крошечного ядра движутся по орбитам «планеты» – электроны. Размеры ядра в сто тысяч раз меньше размеров самого атома, но плотность его очень велика, поскольку масса ядра почти равна массе всего атома. Ядро, как правило, состоит из нескольких более мелких частиц, которые плотно сцеплены друг с другом (рис. 2).

Некоторые из этих частиц имеют положительный заряд и называются протонами. Число протонов в ядре и определяет, к какому химическому элементу относится данный атом: ядро атома водорода содержит всего один протон, атома кислорода -8, урана -92. В каждом атоме число электронов в точности равно числу протонов в ядре; каждый электрон несет отрицательный заряд, равный по абсолютной величине заряду протона, так что в целом атом нейтрален. В ядре, как правило, присутствуют и частицы другого типа, называемые нейтронами, поскольку они электрически нейтральны. Ядра атомов одного и того же элемента всегда содержат одно и тоже число протонов, но число нейтронов в них может быть разным. Атомы, имеющие ядра с одинаковым числом протонов, но различающиеся по числу нейтронов, относятся к разным разновидностям одного и того же химического элемента, называемым изотопами данного элемента. Чтобы отличить, их друг от друга, к символу элемента приписывают число, равное сумме всех частиц в ядре данного изотопа. Так, уран-238 содержит 92 протона и 146 нейтронов; в уране-235 тоже 92 протона, но 143 нейтро-

на. Ядра всех изотопов химических элементов образуют группу «нуклидов». Некоторые нуклиды стабильны, т.е. в отсутствие внешнего воздействия никогда не претерпевают никаких превращений. Большинство же нуклидов нестабильны, они все время превращаются в другие нуклиды. В качестве примера возьмем хотя бы атом урана-238, в ядре которого протоны и нейтроны едва удерживаются вместе силами сцепления. Время от времени из него вырывается компактная группа из четырех частиц: двух протонов и двух нейтронов (α -частица). Уран-238 превращается, таким образом, в торий-234, в ядре которого содержатся 90 протонов и 144 нейтрона. Но торий-234 также нестабилен. Его превращение происходит, однако, не так, как в предыдущем случае: один из его нейтронов превращается в протон, и торий-234 превращается в протактиний-234, в ядре которого содержатся 91 протон и 143 нейтрона. Эта метаморфоза, произошедшая в ядре, сказывается и на движущихся по своим орбитам электронах: один из них становится неспаренным и вылетает из атома. Протактиний очень нестабилен, и ему требуется совсем немного времени на превращение.

Далее следуют иные превращения, сопровождаемые излучениями, и вся эта цепочка в конце концов оканчивается стабильным нуклидом свинца (см. рис. 3). Разумеется, существует много таких цепочек самопроизвольных превращений (распадов) разных нуклидов по разным схемам превращений и их комбинациям.

При каждом таком акте распада высвобождается энергия, которая и передается дальше в виде излучения. Можно сказать (хотя это и не совсем строго), что испускание ядром частицы, состоящей из двух протонов и двух нейтронов, – это альфа-излучение: испускание электрона, как в случае распада тория-234, – это бета-излучение. Часто нестабильный нуклид оказывается настолько возбужденным, что испускание частицы не приводит к полному снятию возбуждения; тогда он выбрасывает порцию чистой энергии, называемую гамма-излучением (гамма-квантом). Как и в случае рентгеновских лучей (во многом подобных гамма-излучению), при этом не происходит испускания каких-либо частиц.

Весь процесс самопроизвольного распада нестабильного нуклида называется радиоактивным распадом, а сам такой нуклид – радионуклидом. Но хотя все радионуклиды нестабильны, одни из них более нестабильны, чем другие. Например, протактиний-234 распадается почти моментально, а уран-238 – очень медленно. Половина всех атомов протактиния в каком-либо радиоактивном источнике распадается за время, чуть большее минуты, в то же время половина всех атомов урана-238 превратится в торий-234 за четыре с половиной миллиарда лет.

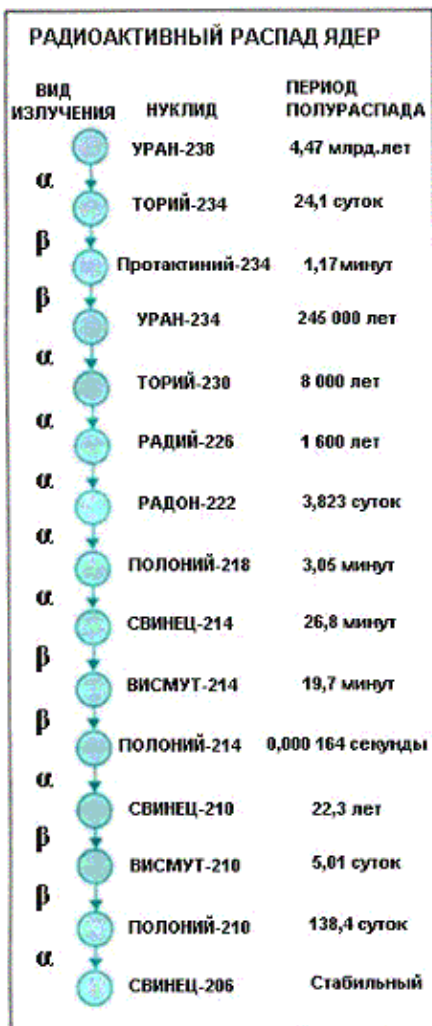


Рис. 3

Время, за которое распадается в среднем половина всех радионуклидов данного типа в любом радиоактивном источнике, называется периодом полураспада соответствующего изотопа.

Этот процесс продолжается непрерывно. За время, равное одному периоду полураспада, останутся неизменными каждые 50 атомов

из 100, за следующий аналогичный промежуток времени 25 из них распадутся, и так далее по экспоненциальному закону. Число распадов в секунду в радиоактивном образце называется его активностью.

Единицу измерения активности (в системе СИ) назвали беккерелям (Бк) в честь ученого, открывшего явление радиоактивности; один беккерель равен одному распаду в секунду.

Разные виды излучений сопровождаются высвобождением разного количества энергии и обладают разной проникающей способностью, поэтому они оказывают неодинаковое воздействие на ткани живого организма (рис.4). Альфа-излучение, которое представляет собой поток тяжелых частиц, состоящих из нейтронов и протонов, задерживается, например, листом бумаги и практически не способно проникнуть через наружный слой кожи, образованный отмершими клетками. Поэтому оно не представляет опасности до тех пор, пока радиоактивные вещества, испускающие α -частицы, не попадут внутрь организма через открытую рану, с пищей или с вдыхаемым воздухом; тогда они становятся чрезвычайно опасными. Бета-излучение обладает большей проникающей способностью: оно проходит в ткани организма на глубину один-два сантиметра. Проникающая способность гамма-излучения, которое распространяется со скоростью света, очень велика: его может задержать лишь толстая свинцовая или бетонная плита.

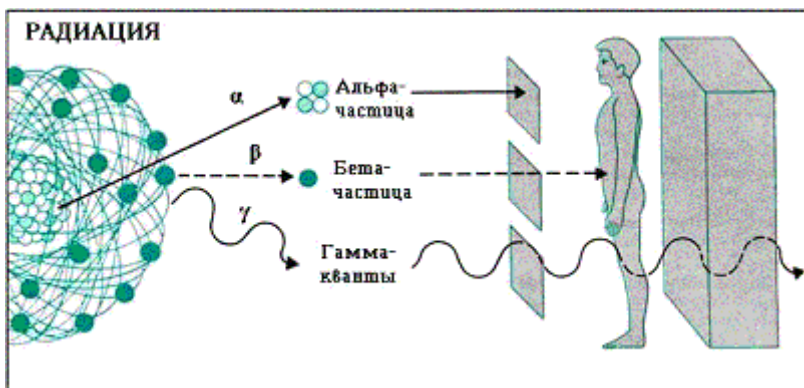
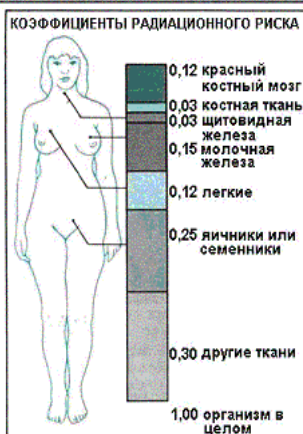
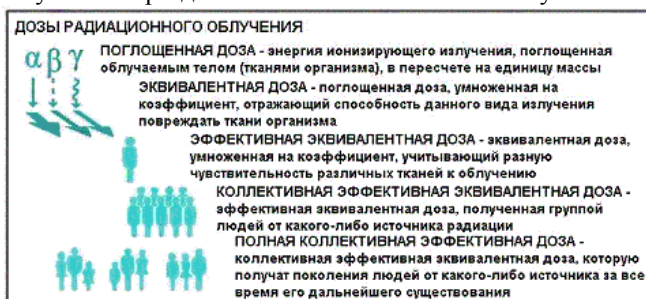


Рис. 4

Повреждений, вызванных в живом организме излучением, будет тем больше, чем больше энергии оно передаст тканям; количество такой переданной организму энергии называется дозой (термин не слишком удачный, поскольку первоначально он относился к дозе ле-

карственного препарата, т.е. дозе, идущей на пользу, а не во вред организму). Дозу излучения организм может получить от любого радионуклида или их смеси независимо от того, находятся ли они вне организма или внутри его (в результате попадания с пищей, водой или воздухом). Дозы можно рассчитывать по-разному с учетом того, каков размер облученного участка и где он расположен, один ли человек подвергся облучению или группа людей и в течение какого времени это происходило. Количество энергии излучения, поглощенное единицей массы облучаемого тела (тканями организма), называется **поглощенной дозой** (рис. 5) и измеряется в системе СИ в грейх (Гр). Но эта величина не учитывает того, что при одинаково поглощенной дозе альфа-излучение гораздо опаснее бета- или гамма-излучений.



Коэффициенты радиационного риска для разных тканей (органов) человека при равномерном облучении всего тела, рекомендованные Международной комиссией по радиационной защите для вычисления эффективной эквивалентной дозы.

Рис. 5

Если принять во внимание этот факт то дозу следует умножить на коэффициент, отражающий способность излучения данного вида повреждать ткани организм: альфа-излучение считается при этом в двадцать раз опаснее других видов излучений. Пересчитанную таким образом дозу называют **эквивалентной дозой**; ее измеряют в системе СИ в единицах, называемых зивертами (Зв).

Следует учитывать также, что одни части тела (органы, ткани) более чувствительны, чем другие: например, при одинаковой эквивалентной дозе облучения возникновение рака в легких более вероятно, чем в щитовидной железе, а облучение половых желез особенно опасно из-за риска генетических повреждений.

Поэтому дозы облучения органов и тканей также следует учитывать с разными коэффициентами (рис. 6).

Умножив эквивалентные дозы на соответствующие коэффициенты и просуммировав по всем органам и тканям, получим **эффективную эквивалентную дозу**, отражающую суммарный эффект облучения для организма; она также измеряется в зивертах **рис. 6**.

Эти три понятия описывают только индивидуально получаемые дозы. Просуммировав индивидуальные эффективные эквивалентные дозы, полученные группой людей, мы придем к **коллективной эффективной эквивалентной дозе**, которая измеряется в человеко-зивертах (чел-Зв).

Следует ввести, однако, еще одно определение, поскольку многие радионуклиды распадаются очень медленно и останутся радиоактивными и в отдаленном будущем. Коллективную эффективную эквивалентную дозу, которую получают многие поколения людей от какого-либо радиоактивного источника за все время его дальнейшего существования, называют **ожидаемой (полной) коллективной эффективной эквивалентной дозой**.

Такая иерархия понятий на первый взгляд может показаться слишком сложной, но, тем не менее она представляет собой логически последовательную систему и позволяет рассчитывать согласующиеся или сопоставимые друг с другом дозы облучения. В последующих частях материал будет излагаться так, чтобы по возможности избежать употребления этих терминов, однако без них иногда не удастся достичь необходимой точности и ясности изложения.

Характеристика радиоактивных излучений

Вид излучения. Состав. Проникающая способность. Ионизирующая способность.

В процессе эмиссии радиоактивного излучения вещество претерпевает ряд изменений. Так, например, излучение радия сопровождается выделением газообразного радона ("эманацией"). В свою очередь радон, распадаясь, оставляет радиоактивные отложения на стенках содержащего его сосуда. Собранная при распаде радия эманация теряет половину исходной активности примерно за 4 сут. Эти и другие не поддававшиеся интерпретации экспериментальные факты удалось объяснить с помощью теории радиоактивного распада атомов, предложенной Резерфордом и Содди в 1903, а также правила смещения, сформулированного в 1913 А. Расселом и независимо от него Фаянсом и Содди. Суть теории Резерфорда и Содди состоит в том, что в результате радиоактивного распада происходит превращение одного химического элемента в другой.

Правило смещения. Правило смещения точно указывает, какие именно превращения претерпевает химический элемент, испуская радиоактивное излучение.

Эмиссия альфа- и бета-частиц. Правило смещения можно пояснить с помощью ядерной модели атома, предложенной Резерфордом в 1911. Согласно этой модели, в центре атома находится положительно заряженное ядро, в котором сосредоточена основная часть массы атома. Вокруг ядра вращаются электроны, заряд которых компенсирует положительный заряд ядра. Каждому атому приписывается свой атомный номер Z , соответствующий его порядковому номеру в периодической таблице Менделеева и численно равный заряду ядра, выраженному в единицах заряда электрона. Альфа-частица имеет $Z = 2$ и массовое число (округленный атомный вес) $A = 4$. Если неустойчивое ядро испускает бета-частицу, то его Z увеличивается на единицу, а массовое число не изменяется. Следовательно, радиоактивный атом превращается в следующий по порядку атом таблицы Менделеева. При эмиссии альфа-частицы Z и A вновь образованного ядра уменьшаются на 2 и 4 единицы соответственно, а дочерний атом, испытав соответствующее изотопическое превращение, "смещается" в таблице Менделеева влево от родительского элемента.

Гамма-излучение. Орбитальные электроны, получив избыток энергии, могут переходить на более высокие энергетические уровни. Возвращаясь в основное (нормальное) состояние, они отдают избыток энергии в виде света или рентгеновского излучения. Ядра атомов, обладающие избыточной энергией, также могут переходить в возбужденное состояние. Подобное возбуждение часто испытывают ядра, образующиеся в процессе радиоактивных превращений. Переходя в основное состояние, они излучают избыток энергии в виде гамма-квантов. Особый

интерес представляет вариант распада, когда радиоактивное ядро имеет большое время жизни возбужденного состояния. В этом случае у находящихся в разных энергетических состояниях одинаковых ядер (с одинаковыми значениями Z и A) наблюдаются однотипные радиоактивные распады, но происходят они с разными скоростями, поскольку одни ядра распадаются из возбужденного, а другие из основного состояния. Это явление получило название ядерной изомерии, а возбужденное и нормальное ядра называются изомерами.

Занятие 3

ТЕМА: Основные понятия и термины (2 часа)

Цель работы:

1. Познакомиться с основными понятиями и терминами сельскохозяйственной радиологии.
2. Выучить единицы активности и доз ионизирующих излучений.

Активность (A) радионуклида в источнике - количественная мера радиоактивности, равная отношению числа (dN) самопроизвольных ядерных превращений в этом источнике за малый интервал времени (dt) к этому интервалу времени:

$$A = dN/dt$$

Единица активности - Кюри (Ku), $1 Ku = 3,7 \cdot 10^{10}$ ядерных превращений за 1 секунду. В СИ единица активности - Беккерель (Bk), $1 Bk$ равен одному ядерному превращению за 1 секунду или $2,7 \cdot 10^{-11} Ku$.

Альфа-излучение - ионизирующее излучение, состоящее из альфа-частиц (ядер гелия), испускаемых при ядерных превращениях.

Бета-излучения - электронное (позитронное) ионизирующее излучение с непрерывным энергетическим спектром, испускаемое при ядерных превращениях. Характеризуется граничной энергией спектра $E\beta$.

Внешнее облучение - облучение тела от находящихся вне его источников ионизирующего излучения.

Внутреннее облучение - облучение тела от находящихся внутри его источников ионизирующего излучения.

Гамма-излучение - это фотонное (электромагнитное) ионизиру-

ющее излучение, испускаемое при ядерных превращениях или аннигиляции частиц.

Токсичность радионуклидов характеризуется совокупностью показателей, в которую входят энергия излучения, период полураспада радионуклидов, особенности отложения в организме, вид излучения и др.

Таблица 1 - Классификация радионуклидов по степени радиационной опасности ОСП (72/87)

Группа	Степень радиотоксичности	Минимально значимая активность, МкКи	Радионуклиды
А	Особо высокая	0,1	^{210}Pu , ^{226}Ra , ^{239}Pu , ^{241}Am
Б	Высокая	1	^{90}Sr , ^{131}I , ^{106}Ru , ^{144}Cl
В	Средняя	10	^{134}Cs , ^{137}Cs
Г	Малая	100	^3H , ^{14}C , ^{106}Rh

Дезактивация поверхности – удаление радиоактивного загрязнения с поверхности физико-химических или механическим способами с целью предупреждения разноса радиоактивного загрязнения и действия его как потенциального источника внешнего и внутреннего облучения.

Допустимая концентрация (ДК)-для лиц категории Б (ДКБ) - допустимый уровень концентрации радионуклида в атмосферном воздухе и питьевой воде.

Естественный фон излучения - эквивалентная доза ионизирующего излучения, создаваемая космическим излучением и излучением естественно распределенных природных радионуклидов в поверхностных слоях Земли, при земной атмосфере, продуктах питания, воде и организме человека.

Ионизирующее излучение (ИИ) - излучение, взаимодействие которого с веществом приводит к образованию в этом веществе ионов разного знака. Ионизирующее излучение состоит из заряженных и незаряженных частиц к которым относятся также фотоны.

Категория А облучаемых лиц, или персонал (профессиональные работники) - лица, которые постоянно или временно работают непосредственно с источниками ионизирующих излучений.

Категория Б облучаемых лиц, или ограниченная часть населения - лица, которые непосредственно не работают с источниками ионизирующего излучения, но по условиям проживания или размещения рабочих мест могут подвергаться воздействию ионизирующего излучения.

Категория В облучаемых лиц или население - население страны, республики, края или области.

Коэффициент качества (к) - коэффициент для учета биологической эффективности разных видов ионизирующего излучения в определении эквивалентной дозы.

Таблица 2 - Среднее значение коэффициента качества

Вид излучения	К
Рентгеновское и гамма-излучение	1
Электроны и позитроны, бета-излучение	1
Протоны с энергией меньше 10Мэв	10
Альфа-излучение с энергией меньше 10Мэв	20
Нейтроны с энергией меньше 20кэв	3
Нейтроны с энергией 0,1-10Мэв	10
Тяжелые ядра отдачи	20

Линейная передача энергии (ЛПЭ),L- физическая характеристика качества ионизирующего излучения, равная отношению полной энергии dE,переданной веществу заряженной частицей в результате столкновения на пути dl, к длине этого пути:

$$L=dE\backslash dl$$

Для незаряженных частиц ЛПЭ не применяется, но используются значения ЛПЭ их вторичных заряженных частиц, образующихся в веществе. ЛПЭ измеряют во внесистемных единицах килоэлектрон-вольт на микрометр воды(кэв/мкм), 1 кэв/мкми=0,16 нДж/м.

Максимальная эквивалентная доза (МЭД) Нм - наибольшее значение суммарной эквивалентной дозы в критическом органе (теле) от всех источников внешнего и внутреннего облучения. 'Значение МЭД регламентируются основными дозовыми пределами.

Минимальная значимая активность (МЗА) - наименьшая активность открытого источника на рабочем месте, при которой еще требуется разрешение органов Госсаннадзора на использование этого источника.

Период полураспада радионуклида (T1/2) - характеристика радионуклида - время, в течение которого число ядер данного радионуклида в результате самопроизвольных ядерных превращений уменьшается в два раза.

Поглощенная доза (Д) - основная дозиметрическая величина,

равная отношению средней оперши dW , переданной ионизирующим излучением веществу в элементарном объеме, к массе dm вещества в этом объеме:

$$D=dw/dm$$

Внесистемная единица поглощенной дозы – рад, $1 \text{ рад}=0.01\text{Гр}$. В системе СИ единица поглощенной дозы – Грей (Гр), $1 \text{ Гр}=100\text{рад}$.

Предел годового поступления радионуклида (ПГП) - допустимый уровень поступления радионуклида в организм для категории Б облучаемых лиц. ПГП - такое поступление радионуклида в организм в течение календарного года, которое за 70 последующих лет создаст в критическом органе максимальную эквивалентную дозу, равную пределу дозы (ПД).

Предел дозы (ПД) - основной дозовый предел для категории Б облучаемых лиц. ПД - наибольшее среднее значение индивидуальной эквивалентной дозы за календарный год у критической группы лиц, при котором равномерное облучение в течение 70 лет не может вызвать в состоянии здоровья неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами.

Предельно допустимая доза (ПДД) - основной дозовый предел для категории А облучаемых лиц. ПДД - наибольшее значение индивидуальной эквивалентной дозы за календарный год, при котором равномерное облучение в течение 50 лет не может вызвать в состоянии здоровья неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами.

Радионуклид - радиоактивный атом с данным массовым числом и атомным номером, а для изомерных атомов и данным определенным энергетическим состоянием атомного ядра. Радионуклиды (и нерадиоактивные нуклиды) элемента называют его изотопами.

Техногенный фон излучения - естественный фон излучения, измененный в результате деятельности людей.

Эквивалентная доза (Н) - основная дозиметрическая величина к области радиационной безопасности, введенная для оценки возможного ущерба для здоровья человека от хронического воздействия ионизирующего излучения производного состава. Эквивалентная доза равна произведению поглощенной дозы (D) на средний коэффициент качества ионизирующего излучения (k) в данном элементе объема биологической ткани:

$$H=D \times k$$

Единица эквивалентной дозы – бэр, $1\text{бэр}=0,01\text{Зв}$. В СИ единица эквивалентной дозы – Зиверт (Зв), $1\text{Зв}=100\text{бэр}$

Экспозиционная доза (X) - мера ионизирующего воздействия гамма или рентгеновских лучей в воздухе.

В СИ единица экспозиционной дозы - Кулон на килограмм (Кл/кг), $1\text{Кл/кг}=3,88*10^8\text{л/кг}$.

Эффективная доза (E) - величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов с учетом их радиочувствительности. Она представляет сумму произведений эквивалентной дозы в органе (HtT) на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного органа или ткани:

Задачи

1. Активность источника 20мкКи. Определить его активность в Бк.
2. Активность источника 5кКи. Определить его активность в Бк.
3. Активность источника 10 ГБк. Определить его активность в Ки.
4. Активность источника 25 мБк. Определить его активность в Ки.
5. Экспозиционная доза 15 мкР. Определите ее в Кл/кг.
6. Экспозиционная доза 50 мкР. Определите ее в Кл/кг.
7. Экспозиционная доза $50\text{E}=\sum\text{WT}*\text{HtT}$, где

WT – взвешивающий коэффициент для ткани T, а HtT – эквивалентная доза в ткани T за время t.

Единица измерения эффективной дозы – зиверт (Зв).

Таблица 3 - Взвешивающие коэффициенты для тканей и органов при расчете эффективной дозы

Гонады	0,20
Костный мозг (красный)	0,12
Толстый кишечник	0,12
Легкие	0,12
Желудок	0,12
Мочевой пузырь	0,05
Грудная железа	0,05
Печень	0,05
Пищевод	0,05
Щитовидная железа	0,05
Кожа	0,01
Клетки костных поверхностей	0,01
Остальное	0,05

Примечание: рубрика «Остальное» состоит из надпочечников, головного мозга, верхнего отдела толстого кишечника, тонкого ки-

щечника, почек, мышечной ткани, поджелудочной железы, селезенки, вилочковой железы и матки

Занятие 4

ТЕМА: Единицы доз излучения и радиоактивности. Решение задач по переходу от внесистемных единиц к единицам системы СИ и наоборот (2 часа)

Цель работы:

1. Изучить связь между единицами СИ и внесистемными единицами активности и доз излучения.
2. Научиться решать задачи по переходу от единиц СИ к внесистемным и наоборот.

Для решения задач необходимо ознакомиться с системными и внесистемными единицами и связью между ними, приведенной в таблице 4, множителями и приставками для образования десятичных кратных и десятых единиц, приведенных в таблице 5.

Таблица 4 - Связь между единицами СИ и внесистемными единицами активности и характеристик поля излучения

Величина и ее символ	*Название и обозначение единиц		Связь между единицами
	единица СИ	внесистемная единица	
Активность (А)	Беккерель (Бк), равный одному распаду в секунду (расп/с)	Кюри (Ки)	1 Ки=3,7.10 ¹⁰ Бк 1 Бк=2,7.10 ⁻¹¹ Ки
Поглощенная доза (Д)	Грей (Гр), равный одному джоулю на килограмм (Дж/кг)	Рад (рад)	1 рад=1.10 ⁻² Гр 1 Гр=100 рад
Эквивалентная доза (Н)	Зиверт (Зв), равный одному Грею на коэффициент качества	Бэр (бэр)	1 бэр=1.10 ⁻² Зв 1 Зв=100 Бэр
Экспозиционная доза (Х)	Кулон на килограмм	Рентген (Р)	1 Р=2,59.10 ⁻⁴ Кл/кг 1 Кл/кг=3,88.10 ³ Р

Таблица 5 - Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц, их наименований и обозначений

Множитель	Приставка	Обозначение
1	2	3
1018	Экса	Э
1015	Пета	П
1012	Тера	Т
109	Гига	Г
106	Мега	М
103	Кило	К
102	Гекто	Г
101	Дека	Да
10-1	Деци	Д
10-2	Санتي	С
10-3	Мили	М
10-6	Микро	Мк
10-9	Нано	Н
10-12	Пико	П
10-15	Фемто	Ф
10-18	Атто	А

1. нКл/кг. Определите ее в Р.
2. Экспозиционная доза 20 кКл/кг. Определите ее в Р.
3. Поглощенная доза 100 нрад. Определите ее в Гр..
4. Поглощенная доза за100 мрад. Определите ее в Гр.
5. Поглощенная доза 55 нГр. Определите ее в рад.
6. Поглощенная доза 7 кГр. Определите ее в рад.
7. Эквивалентная доза75 мбэр. Определите ее в Зв.
8. Эквивалентная доза 40 грэб. Определите ее в Зв.
9. Эквивалентная доза 15 пЗв. Определите ее в бэр.
10. Мощность экспозиционной дозы 20 мкР/г. Определите ее в единицах системы СИ.
11. Мощность экспозиционной дозы 100 кР/г. Определите ее в единицах системы СИ.
12. Мощность экспозиционной дозы 5 мКл/кг.ч. Определи ее во внесистемных единицах.
13. 10. Мощность экспозиционной дозы 15 нКл/кг.ч. Определите ее во внесистемных единицах.
14. Мощность поглощенной дозы 50 мрад/ч. Определите ее в единицах системы СИ.
15. Мощность поглощенной дозы 30 крад/ч. Определите ее в единицах системы СИ.
16. Мощность поглощенной дозы 25 мкГр/ч. Определите ее во внесистемных единицах.

17. Мощность поглощенной дозы 15 мГр/ч. Определите ее во внесистемных единицах.

18. . Мощность эквивалентной дозы 50 мкбэр/ч. Определите ее в единицах системы СИ.

19. Мощность эквивалентной дозы 45мбэр/ч. Определите ее в единицах системы СИ.

20. Мощность эквивалентной дозы 30 нЗв/ч. Определите ее во внесистемных единицах.

21. Мощность эквивалентной дозы 25 кЗв/ч. Определите ее во внесистемных единицах.

Занятие 5

ТЕМА. Нормы радиационной безопасности (НРБ-2000) Санитарные правила и нормы (СанПиН)

Цель работы:

Ознакомиться с основными положениями документов НРБ-2000 и СанПиН. Ознакомиться с числовыми значениями допустимых уровней некоторых радионуклидов, выпавших на территории Брянской области, основными дозовыми пределами и временными допустимыми уровнями содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах.

Нормы радиационной безопасности устанавливают систему дозовых пределов и принципы их применения. В основу "Норм радиационной безопасности (НРБ-2000)" положены отечественный опыт обеспечения условий безопасности, результаты работ российских и зарубежных ученых, а также рекомендации Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ).

НРБ-2000 основаны на следующих основных принципах радиационной безопасности:

- не превышение установленного основного дозового предела;
- исключение всякого необоснованного облучения;
- снижение дозы облучения до возможно низкого уровня.

"Нормы радиационной безопасности (НРБ-2000)" являются основным документом, регламентирующим уровни воздействия, ионизирующих излучений. Никакие ведомственные и отраслевые правила и инструкции не должны противоречить "Нормам радиационной безопасности (НРБ-2000)".

Дозовые пределы, устанавливаемые настоящими нормами, не включают:

- а) дозу, получаемую пациентом при медицинском обследовании, лечении;
- б) дозу обусловленную естественным фоном излучения.

Нормами радиационной безопасности устанавливаются следующие категории облучаемых лиц:

категория А - персонал;

категория Б - ограниченная часть населения;

категория В - население области, края, республики, страны.

Для каждой категории облучаемых лиц устанавливаются три класса нормативов:

-основные лотовые пределы:

-допустимые уровни монофакторного (для одного радионуклида или одного вида внешнего излучения, пути поступления) воздействия;

-контрольные уровни, установленные администрациями учреждений и согласованные с органами Госсанэпиднадзора. Их численные значения должны учитывать достигнутый в учреждении уровень радиационной безопасности и обеспечивать условия, при которых радиационное воздействие будет ниже допустимого.

Таблица 6 - Основные дозовые пределы

Нормируемые величины	Дозовые пределы	
	категория А облучаемых лиц	категория Б облучаемых лиц
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
Эквивалентная доза за год в: хрусталике, коже, кистях и стопах	150 мЗв 500 мЗв 500 мЗв	15 мЗв 50 мЗв 50 мЗв

Примечание: дозы облучения как и все остальные допустимые производные уровни категории Б не должны превышать 1/4 значений для категории А.

Таблица 7 - Числовые значения допустимых уровней для отдельных радионуклидов (категория Б облучаемых лиц)

Радионуклид и период полураспада	Соотношение радионуклидов в растворе	Критический орган	Допустимая концентрация радионуклида		МЗА, мкКи	Группа радиационной опасности
			в атмосферном воздухе	в воде		
1	2	3	4	5	6	7
Стронций-90 29,12 года	Р НР	Кость, легкие ЖКТ (НТК), легкие	4,0.10-14	4,0 10-10	1	Б
Йод-131 8,0,4 суток	Р НР	Щитовидная железа Легкие, ЖКТ	1,5.10-13	1,0 10-9	1	Б

Продолжение таблицы 7

Рутений-106 368,2 суток	Р НР	ЖКТ (НТК) Легкие, ЖКТ	1,9.10-13	1,2 10-8	1	Б
Цезий-134 2,062 года	Р НР	Все тело Легкие, ЖКТ	4,2.10-13	8,6 10-9	10	В
Цезий-137 30 лет	Р НР	Все тело, печень, селезенка, мышцы Легкие, ЖКТ	- - - 4,9.10-13	1,5 10-8 - -	10	В
Церий-144 284,3 суток	Р НР	ЖКТ (НТК) Кость Легкие ЖКТ (НТК)	- - 2,2.10-13	1,2 10-8 -	1	Б
Плутоний-239 2,4.104 лет	Р НР	Кость Легкие, ЖКТ	3,3.10-17	2,5 10-9	0,1	А
Плутоний-240 6537 лет	Р НР	Кость Легкие, ЖКТ	3,3.10-17	2,2 10-9	0,1	А
Плутоний-241 14,4 года	Р НР	Кость Легкие, ЖКТ	1,6.10-15	1,1 10-7	1	Б
Америций-241 433 года	Р НР	Почки, кость Легкие, ЖКТ	1,0.10-16	2,2 10-9	0,1	А

Р – растворимые соединения

НР – нерастворимые соединения

ЖКТ – желудочно-кишечный тракт

НТК – нижний отдел тонкого кишечника

Таблица 8 - Временные контрольные региональные уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах на 1999-2000 гг., Бк/кг или Бк/л

Наименование продукта	СанПиН-96		ВРКУ	
	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
1	2	3	4	5
Молоко и мол.продукты	50	25	145	25
Мясо и мясопродукты	160	50	300	50
Мясо диких животных	320	100	320	100
Хлеб и хлебобуд.продукты	40	70	40	70
Мука, крупа	60	100	60	100
Макаронные изделия	60	80	60	80
Рыба	130	100	130	100
Картофель	320	60	320	60
Овощи	130	50	130	50
Фрукты, ягоды	40	50	40	50
Зерно продовольст.	80	140	80	140
Грибы свежие/сухие	500/2500	50/250	500/2500	50/250
Варенье	80	70	80	70
Мед	100	80	100	80
Детское питание	40	25	40	25

Таблица 9 - Контрольные уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в кормах и кормовых добавках

Наименование корма	КУ радионуклидов, Бк/кг, л	
	Цезий-137	Стронций-90
1	2	3
Грубые корма (сено, солома, мякино)	600	100
Сочные корма (силос, сенаж, корнеплоды и др.)	600	100
Концентрированные корма (зерно злаковых и бобовых культур), комбикорма и др.	600	65
Жом, меласса, жмых, шрот, мезга, барда, пивная дробина и др.	600	100
Зеленые корма (естественная сеяная зеленая масса и др.)	370	50

Занятие 6

ТЕМА: Приборы дозиметрического и радиометрического контроля

Цель работы:

Ознакомиться с приборами дозиметрического и радиометрического контроля, имеющимися в лаборатории.

Ознакомиться с устройством и принципом их работы.

Вся аппаратура для проведения измерения ионизирующего излучения подразделяется на 2 класса:

- Дозиметрические приборы (дозиметры), которые предназначены для измерения дозы (или мощности дозы) излучения. Эти приборы применяются для измерения общей дозы облучения биологического объекта, а также для контроля загрязнения рабочих мест и поверхностей радиоактивными веществами.

- Радиометрические приборы (радиометры), которые предназначены для измерения активности источников излучения в объектах контроля.

По конструктивным особенностям радиометры, дозиметры подразделяются на:

карманные (для индивидуального радиометрического и дозиметрического контроля);

переносные (для группового дозиметрического и радиационно-технологического контроля, определения радиоактивности и ее удельной величины в объектах окружающей среды - гамма-картирование местности, определение загрязненности зданий и сооружений, сельскохозяйственных машин и т.д.).

стационарные установки (для непрерывного дозиметрического

и радиационно-технологического контроля в радиационно опасных местах, определение удельной и объемной активности проб почвы, воды, растительности, кормов, продуктов питания и т.д.).

Радиометрические и дозиметрические приборы состоят из детектора с источником электрического питания, устройства для преобразования информации от детектора и регистрирующего устройства (блока регистрации). Эти приборы характеризуются определенными техническими данными (параметрами): чувствительностью разрешающим временем, воспроизводимостью результатов измерений, температурной и механической устойчивостью.

Чувствительность - величина нижнего предела излучения, который еще устойчиво воспринимается датчиком и может регистрироваться прибором.

Разрешающее время - наименьшее время, за которое два импульса, следующие друг за другом, регистрируются отдельно.

Воспроизводимость результатов измерений - это наименьшая разность, двух последовательных измерений одного и того же препарата (образца). Она называется точностью прибора.

Температурная устойчивость свидетельствует об устойчивости показаний прибора при разных температурах.

Механическая устойчивость прибора характеризует его способность противостоять различным механическим воздействиям без изменения точности показателей.

В качестве детектора в приборах используются самые различные счетчики. На практике чаще всего встречаются два типа детекторов: газоразрядные и сцинтилляционные счетчики. Использование разных вариантов этих детекторов в сочетании с регистрирующей аппаратурой дает большое разнообразие измерительных приборов, относящихся по назначению, виду регистрирующего излучения и другими признаками.

Газоразрядный счетчик состоит из стеклянной трубки, покрытой изнутри металлическим слоем (катод) и тонкой металлической нити, идущей вдоль оси трубки (анод). Трубка -заполнена инертным газом. Действие счетчика основано на ударной вторичной ионизации. При работе газоразрядного счетчика Гейгера-Мюллера, вторичная ионизация происходит так интенсивно, что попадание в объем счетчика даже одной ядерной частицы достаточно для образования лавины ионов, при которой число первых ионов, образованных самой частицей уже не имеет значения. Любая ядерная частица создает импульс в Гейгеровском счетчике одинаковой величины и поэтому не зависит от первоначальной ионизации.

Сцинтилляционные счетчик состоит из сцинтиллятора и фотоумножителя. Ионизирующее излучения взаимодействия со сцинтиллятором образует световые кванты. Они попадают на фотокатод и выбивают фотоэлектроны, которые под действием электрического поля ускоряются и через фокусирующее отверстие попадают на первый эмиттер, где каждый электрон выбивают несколько вторичных. Затем они ускоряются электрическими полями и попадают на второй эмиттер. Где их число снова возрастает. Многократно умноженные электроны приходят на анод. Далее заряд в виде импульса попадает на устройство регистрации импульсов. Таким образом фотоэлектронный умножитель (ФЭУ) преобразует световые величины в регистрируемые электрические импульсы.

На радиационно опасных объектах и на загрязненных территориях организуют индивидуальный контроль персонала и населения, оказавшегося в радиационно опасной зоне. Индивидуальный контроль включает регистрацию ежедневных (или за определенный период дозовых нагрузок и уровней загрязнения тела, рук и спецодежды). Результаты индивидуального контроля позволяют определить режим работы или проживания на загрязненной территории.

Для осуществления индивидуального контроля используются индивидуальные дозиметры (КИД - 1.2; ИФК - 2.3), позволяющие определить дозы, которые могут быть получены работающими во время пребывания в зоне действия излучения.

Для регистрации рентгеновского и гамма-излучения используются также приборы ДКС – 04, СРП - 68-01. Лабораторный контроль по определению удельной и объемной активности определяется с помощью радиометров "Бета" и «РУБ -01Пб».

Занятие 7

ТЕМА: Изучение приборов и приспособлений для обнаружения и регистрации излучений. Изучение приборов для измерения ионизирующих излучений (радиометры). Изучение приборов для измерения ионизирующих излучений (дозиметры и спектрометры)

Цель: Изучить приборы и приспособления для обнаружения и регистрации излучений.

Содержание работы:

Современные сцинтилляционные счетчики подразделяют на счетчики с твердым и жидким сцинтилляторами. Жидкостно-

сцинтилляционные счетчики предназначены для регистрации бета-излучения низкой энергии. Для регистрации гамма-излучения удобно использовать твердые сцинтилляторы. Сцинтиллятор – вещество, испускающее вспышки света при действии на него ионизирующей радиации.

Жидкие сцинтилляторы – это растворы, содержащие соединения, способные флуоресцировать под действием ионизирующей радиации. Наиболее широко в качестве такого соединения используют 2,5-дифенилоксазол (ППО). Радиоактивное соединение вводят в сцинтиллятор, что обеспечивает наибольший его контакт с флуоресцирующим веществом.

В качестве твердых сцинтилляторов чаще всего используют кристалл йодистого натрия, которому придают форму колодца. Под действием излучения молекулы кристаллической решетки подвергаются ионизации и возбуждению, сопровождающемуся световой вспышкой. Интенсивность вспышки зависит от энергии излучения. Световые вспышки фиксируются фотомножителем, который превращает их в электрические импульсы. Амплитуда этих импульсов пропорциональна интенсивности вспышек, а следовательно, энергии излучения, вызывающего эти вспышки.

Большинство жидких сцинтилляторов, применяемых в настоящее время, приготовлено на основе толуола или диоксана. Толуоловые сцинтилляторы имеют более высокую эффективность регистрации низко энергетического бета-излучения. Однако водные образцы в толуоловых сцинтилляторах измерять неудобно из-за малой растворимости воды в толуоле и сильного тушения сцинтилляторов, которое вызвано введением воды.

В качестве растворителя в сцинтилляционных смесях, предназначенных для измерения водных образцов, чаще применяют диоксан. В диоксане можно растворить большое количество воды (до 30%). Основными компонентами любого сцинтилляционного счетчика являются сцинтиллятор, фотомножитель, логарифмический усилитель электрических импульсов, электронная система анализа и регистрация (рис. 1).

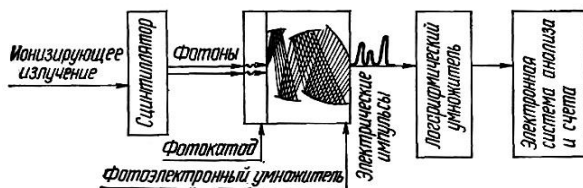


Рис. 1. Принцип устройства сцинтилляционного датчика

С целью исключения импульсов, соответствующих фону фотомножителей, сцинтилляции детектируются не одним, а двумя фотомножителями, соединенными в электронной схеме совпадения, что позволяет почти полностью исключить импульсы, соответствующие фону ФЭУ.

Основные источники фона сцинтилляционных счетчиков.

1. Внешнее излучение (космическое и излучение от источников в помещении лаборатории). Внешний фон в значительной степени ослабляется защитой и дискриминацией импульсов с большой амплитудой.

2. Внутреннее излучение, обусловленное загрязненностью радиоактивными изотопами материалов защиты с самого счетчика, а также присутствием в воздухе эманации радия и тория.

3. Случайные совпадения между двумя ФЭУ оптической обратной связи (свечение остаточных газов, люминесценция стекла колб ФЭУ или динодов).

4. Случайные совпадения из-за термощумов ФЭУ и конечного разрешающего времени схемы совпадений.

Для уменьшения фона используют материалы, содержащие минимальное количество радиоактивных изотопов. Для каждого изотопа характерно непрерывное распределение энергии спектра, максимум которого является специфической характеристикой данного изотопа. Современные сцинтилляционные счетчики настроены таким образом, чтобы фиксировать импульсы в узком диапазоне амплитуд. Это позволяет уменьшить влияние других изотопов и фонового излучения на определение активности нужного изотопа путем амплитудного анализа. При установке окна счетчика таким образом, чтобы регистрировались только импульсы, энергия которых лежит в интервале x - u , будут просчитываться основная часть излучения изотопа А и незначительная часть излучения изотопа Б.

Определение гамма-излучения – более простая операция, чем определение бета-излучения методом жидкостной сцинтилляции. Оно не требует подготовки образцов, что позволяет экономить время и реактивы, а также сокращается время измерения за счет более высокой удельной их активности, чем бета-радиоактивных изотопов.

Современные гамма-счетчики рассчитаны для обработки и анализа результатов радиометрии большого количества образцов в автоматическом режиме. Широкое внедрение в практику радиоиммунологического анализа привело к созданию поколения специализированных для РИА гамма-счетчиков среди которых можно отметить РІА ГАММА (LKB – Швеция), «Гамма-2» и «Гамма-12» (СССР). Эти ра-

диометры предназначены для регистрации гамма-излучения ^{125}J , ^{131}J , $^{57}\text{Сг}$, $^{51}\text{Со}$ и др.

Счетчики RIA ГАММА снабжены системой автоматической подачи в детектор и смены образцов. С помощью пульта управления программируют время счета, число параллельных проб, высоту подачи в детектор образцов, последовательность калибровочных проб и концентрации стандартов, параметр построения счетчиком калибровочной кривой. По желанию оператора самописец может регистрировать на перфоленте последовательность проб, характер проб, концентрации стандартов, время счета образцов, число импульсов за время измерения, число импульсов в минуту, среднее значение между параллельными пробами, ошибки измерения радиоактивности, значения концентраций неизвестных образцов и некоторые другие данные. Построение калибровочной кривой и обработка результатов осуществляются с помощью встроенного в счетчик микрокомпьютера, память которого хранит до 64 килобит информации.

Радиометр «Гамма-12» предназначен для одновременного счета и обработки 12 образцов за счет наличия в нем 12 детекторов. Это самый высокопроизводительный гамма-счетчик, за один рабочий день можно просчитать до 6000 образцов, но смену проб необходимо производить вручную. Данные счетчики – приборы многоцелевого назначения. Кроме обработки данных РИА, они пригодны для радиометрии любых других гамма-активных изотопов в оптимальном диапазоне энергии гамма-квантов от 10 до 999 кэВ.

Радиометры «Rack-Beta» и «Бета-2», предназначенные для регистрации бета-частиц, имеют аналогичный принцип устройства и работы. Управление счетчиком осуществляется посредством программирования всех необходимых параметров счета и обработки результатов. По желанию оператора самописец регистрирует номер образца по порядку, характер пробы, время счета, число импульсов в заданное время, число импульсов в минуту, число распадов в минуту, ошибку измерения, среднее значение между двумя измерениями, поправку на тушение, хемилюминесценцию. Все эти параметры обрабатывают и регистрируют по каждому из каналов. Счет изотопов по каждому из каналов осуществляется одновременно. Счетчики рассчитаны для радиометрии практически всех бета-излучателей и способны обрабатывать результаты РИА в случае использования в качестве метки ^{14}C или ^3H .

Индивидуальный дозиметрический контроль заключается в систематическом измерении дозы, получаемой отдельными лицами за определенный промежуток времени (за день, неделю и т.д.). Осуществляют этот контроль с помощью небольших приборов карманного типа - индивидуальных дозиметров (фотодозиметры ИФК, люминес-

центные дозиметры ИЛК, дозиметры конденсаторного типа ИДК).

Дозиметрический фотоконтроль – наиболее распространенный метод дозиметрии. Он основан на свойстве ионизирующего излучения создавать скрытое изображение в фотоэмульсии, которое после проявления и фиксации приводит к почернению пленки. Степень ее почернения пропорциональна дозе излучения. ИФК применяют для дозиметрии рентгеновского и гамма-излучения с энергией от 0,1 до 3 МэВ, бета-излучений – 1 и выше, тепловых нейтронов – от 0,05 до 2 МэВ.

В зависимости от дозы излучения используют различной чувствительности пленки («Рентген Х», «Рентген ХХ», РМ-5-1, РМ-5-3 и др.). В комплект дозиметра ИФК входят кассеты для пленок, кювета для проявления, промывки и фиксирования пленок, рамки для размещения пленок при проявлении, промывке и фиксировании, а также денситометр для измерения оптической плотности почернения пленок.

Методика индивидуального дозиметрического фотоконтроля основана на сравнении оптической плотности почернения фото-пленок ИФК с контрольными, которые облучены известной дозой гамма-излучения. Следовательно, в ИФК в качестве детектора используется дозиметрическая фотопленка, вставленная в светонепроницаемую кассету. Для устранения зависимости плотности почернения пленки от энергии рентгеновского или гамма-излучения в кассете имеются встроенные фильтры из алюминия и свинца. Кассету помещают в чехол из пластика, который пристегивают к одежде. Ниже описана техника дозиметрии при работе с дозиметром ИФКУ-1.

Индивидуальный контроль доз рентгеновского и гамма-излучения проводят с помощью небольших металлических или пластмассовых ионизационных камер. Принцип действия дозиметров основан на измерении потенциала собирающего электрода камеры, который пропорционален дозе облучения. Для индивидуального контроля используют прямопоказывающие (ДК-0,2; ДП-22-В; ДП-24) и непрямопоказывающие (КИД-1; КИД-2 и др.) дозиметры.

Индивидуальный дозиметр ДК-0,2 предназначен для измерения доз рентгеновского и гамма-излучения в пределах 10-200 мР в диапазоне энергий 150 кэВ-2 МэВ. Шкала прибора имеет 20 делений. Погрешность измерений доз во всем диапазоне не превышает 10%.

Карманными дозиметрами ДП-22-В и ДП-24 измеряют индивидуальные дозы гамма-излучения в диапазоне 2-50 Р при мощности дозы 0,5-200 Р/ч в диапазоне энергий излучения 0,2 - 2 МэВ. Погрешность измерений дозы не превышает 10% максимального значения шкалы. Принцип действия, конструкция и комплектация дозиметров аналогичны дозиметру ДК-0,2.

Внешне дозиметры ДК-0,2, ДП-22-В и ДП-24 напоминают авто-

ручку. Внутри корпуса смонтированы: подвижная система электрометра с держателем, закрепленная в изоляторе, микроскоп, состоящий из объектива, оправы объектива с диафрагмой, отсчетной шкалы и окуляра. Подача начального потенциала на электрометр осуществляется через подвижной контакт, закрепленный в эластичной мембране. Для предохранения от загрязнений нижний торец дозиметра закрыт колпачком, который имеет прозрачное дно и открывается только на время зарядки дозиметра. На корпусе дозиметра имеется держатель для крепления его к одежде.

Ионизационной камерой является объем, в котором размещена подвижная система электрометра, ее держатель выполняет роль собирающего электрода ионизационной камеры. Ионизационный объем ограничен корпусом ионизационной камеры, спрессованной из проводящей воздушно эквивалентной пластмассы. Зарядное устройство дозиметров выполнено в виде пульта. Пульт имеет корпус, зарядное гнездо, потенциометр для установки необходимого напряжения, переключатель и лампочку для подсветки. Дозиметры состоят из малой ионизационной камеры и портативного электрометра. Перед началом работы электрометр заряжается до такого потенциала, при котором нить электрометра устанавливается на нулевое деление шкалы. Под действием рентгеновского или гамма-излучения в камере возникает ионизационный ток, разряжающий электрическую емкость прибора, и потенциал электрометра уменьшается пропорционально дозе облучения. Шкала прибора отградуирована в миллирентгенах.

Дозиметры ДКС-АТ1121, ДКС-АТ1123



Портативные широкодиапазонные многофункциональные приборы для дозиметрии непрерывного, кратковременного и импульсного рентгеновского и гамма-излучения.

- Описание
- Области применения и возможности
- Основные характеристики
- Комплектность
- Поддержка

Основные функции приборов - дозиметрия импульсного, кратковременного и непрерывного рентгеновского и гамма-излучения в широких диапазонах мощности амбиентного эквивалента дозы и энергии. Дополнительные функции - обнаружение источников мягкого и жесткого гамма-излучения, бета-излучателей, кратковременно действующего и импульсного излучения с оценкой длительности воздействия, а также движущихся излучателей.

Дозиметры автоматически фиксируют максимальное значение мощности дозы за время работы и позволяют запомнить 999 результатов измерений с долговременным хранением их в памяти с последующей передачей информации в ПЭВМ.

Самоконтроль приборов обеспечивается автоматически как при их включении, так и в процессе работы.

Для проведения дистанционных измерений к дозиметрам могут быть подключены выносной пульт управления и внешнее устройство сигнализации.



Дозиметр с выносным пультом управления



Дозиметр с выносным пультом управления и внешним устройством сигнализации

Особенности

- Тканезэквивалентный детектор - сцинтилляционная пластмасса с добавками тяжелых металлов;
- Измерение кратковременного от 30 мс (ДКС-АТ1121) и импульсного от 10 нс (ДКС-АТ1123) излучения;
- Оценка длительности воздействия излучения;

- Большой специализированный цифро-аналоговый ЖК-индикатор с подсветкой;
- Встроенная светодиодная стабилизация измерительного тракта;
- Звуковая и визуальная индикация превышения пороговых уровней;
- Возможность дистанционных измерений с помощью выносного пульта;
- Возможность стационарного размещения и использования в качестве дозиметра-сигнализатора с дистанционным управлением на расстоянии до 25 м;
- Три вида источников питания;
- Жесткие условия эксплуатации.

Дозиметры ДКС-АТ1121 и ДКС-АТ1123 соответствуют стандарту IEC 60846-1:2009, а также нормам по безопасности EN 61010-1:1990 и требованиям по электромагнитной совместимости EN 55022:1998+A1:2000+A2:2003 EN 55024:1998+A1:2001+A2:2003 IEC 61000-4-2:2006 IEC 61000-4-3:2009 IEC 61000-4-4:2004 IEC 61000-4-5:2005 IEC 61000-4-6:2006 IEC 61000-4-11:2004.

Дозиметры ДКС-АТ1121 и ДКС-АТ1123 внесены в Государственные реестры средств измерений Республики Беларусь, Российской Федерации, Украины, Казахстана, Литвы.

Занятие 8

ТЕМА: Изучение системы и методов радиационного контроля. Прогноз поступления радионуклидов в продукцию растениеводства (4 часа)

Цель: 1. Изучить системы и методы радиационного контроля, а так же прогноз поступления радионуклидов в продукцию растениеводства. Мероприятия по снижению поступления радионуклидов в продукцию растениеводства.

2. Средства индивидуальной защиты.

Система и методы радиационного контроля

Принятая система радиационного контроля включает ряд последовательно выполняемых этапов: измерение уровня радиации на местности (полевая радиометрия и дозиметрия), отбор проб и подготовка проб к исследованию, прямое определение радиоактивности экспрессными методами, радиохимическое

разделение радионуклидов, радиометрия выделенных радионуклидов, расчет активности и составление заключения.

Методы радиационного контроля можно разделить на радиометрические, радиохимические и спектрометрические.

Радиометрические методы включают полевую радиометрию и дозиметрию, экспрессное определение радиоактивности, радиометрию зольных остатков и радиохимических препаратов.

Полевая радиометрия и дозиметрия - один из первых этапов радиационного контроля внешней среды и объектов сельскохозяйственного производства, который преследует многие цели. Если полевую радиометрию и дозиметрию проводят в обычных ситуациях (при отсутствии радиоактивного загрязнения), то можно получить ценные сведения об уровнях естественной радиоактивности, с которыми в последующем сравнивают данные о радиоактивных загрязнениях, образовавшихся в результате радиационных аварий или испытаний ядерного оружия. Этот метод позволяет своевременно выявить случаи повышенного уровня радиации и принять экстренные решения о мерах защиты населения и сельскохозяйственных животных. *Полевая радиометрия и дозиметрия - ведущий метод контроля за радиоактивным загрязнением продуктов растениеводства и животноводства не только на территориях радиоактивного загрязнения, но и за их пределами, куда сельскохозяйственная продукция поступает в результате хозяйственной деятельности.*

Методы полевой радиометрии и дозиметрии самые различные и зависят от абсолютных величин радиации, подлежащей измерению, и размеров площади, которую надо обследовать. Если площадь обследования невелика, измерения могут проводить пешие дозиметристы. В случае обследования обширных территорий используют специальные автомобили, на которых смонтированы необходимые приборы (автогамма-съемка). При необходимости может быть использована воздушная гамма-съемка. Для измерения уровня радиации на местности используют приборы, предусмотренные табельным оснащением радиологических подразделений ветеринарной службы: ДП-5В, СРП-68-01, ДРГ-01Т1, ДБГ-01Н, МКС-01 и др. При ведении радиационной разведки на обширных территориях желательно иметь передвижную радиометрическую лабораторию и специальную укладку (чемодан), в котором должны быть перечисленные выше приборы - измерители мощности дозы, индивидуальные дозиметры, средства защиты органов дыхания (противогазы, респираторы) и кожи, препараты йода, некоторое

количество дезактивирующих средств, средства отбора и транспортировки проб, аспираторы для отбора проб аэрозолей. Обязательно должны быть методики проведения радиационного контроля. Например, "Инструкция по наземному обследованию загрязненных территорий", "Методические рекомендации по оценке радиационной обстановки в населенных пунктах" и т.п.

Экспрессные методы радиационного контроля используют для получения оперативной информации о степени радиоактивной загрязненности объектов внешней среды и сельскохозяйственного производства. Разновидности экспрессных методов - измерение суммарной радиоактивности бета- и гамма-излучающих нуклидов, экспресс-методы измерения ^{137}Cs и ^{90}Sr , экспресс-методы радиационного контроля рыночной продукции, прижизненный радиационный контроль.

Экспресс-метод определения удельной и объемной активности гамма-излучающих радионуклидов в воде, продуктах питания, продукции растениеводства и животноводства основан на измерении с помощью прибора СРП-68-01 мощности дозы излучения от чисто вымытых и измельченных проб массой 0,7 кг (для большинства проб), размещенных в литровой банке или сосуде Маринелли, и пересчете ее в единицы активности по формуле

$$q = N_0 K,$$

где q - удельная активность пробы, Бк/кг; N_0 - мощность дозы излучения пробы без фона, мкР/ч; K - коэффициент пересчета (прилагается к методике).

Методика применима при уровне радиоактивного загрязнения в пределах $2 \cdot 10^3 \dots 4 \cdot 10^4$ Бк/л (кг).

Экспресс-метод определения удельной и объемной активности бета-излучающих радионуклидов основан на измерении скорости счета частиц от "толстослойных" препаратов с последующим расчетом активности по формуле

$$q = (N - N_{\phi}) / P,$$

где q - удельная активность пробы, Бк/кг (л); N - скорость счета частиц от пробы с фоном, имп/с; N_{ϕ} - скорость счета частиц фона, имп/с; P - чувствительность радиометра (коэффициент пересчета) к смеси продуктов деления в измеряемой пробе.

Предел погрешности измерения в обоих случаях составляет 50%. Для проведения измерений используют радиометры КРК-1, РУБ-01П, "Бета". Измельченной пробой заполняют кювету, прилагаемую к прибору, и измеряют скорость счета за время не более 1000 с.

Методика применима при содержании радиоактивных веществ в пробах не менее 37 Бк/кг ($1 \cdot 10^9$ Ки/кг).

При малой концентрации радионуклидов в пробах суммарную бета-активность определяют по зольному остатку. Чтобы увеличить концентрацию радионуклидов в пробах, их подвергают сжиганию и озолению; полученную золу растирают в мелкий порошок, наносят на стандартную, подложку 200...300 мг золы, равномерно распределяют и измеряют скорость счета на стационарном радиометре в течение времени, необходимого для получения результатов с заданной точностью.

Удельную активность рассчитывают по формуле

$$A = N_0 K_{ce} K_{oz} / m,$$

где A - удельная активность исследуемой пробы, Ки/кг (л), Бк/кг (л); N_0 - скорость счета пробы без фона, имп/мин; K_{ce} - коэффициент пересчета от импульсов в минуту к активности, выражаемой в Кюри (коэффициент связи); K_{oz} - коэффициент озоления, равный массе золы в граммах, полученной при озолении 1 кг пробы; m - масса золы, взятая для радиометрии, г.

Для экспрессных измерений удельной активности ^{137}Cs используют двухканальный радиометр РУБ-01Пб, который позволяет учитывать вклад калия в суммарную активность пробы. Это важно для регионов, которые подвергались радиоактивному загрязнению, и при измерении цезия есть небольшое превышение временно допустимых уровней (ВДУ) за счет ^{40}K . Этот прибор дает возможность определить вклад калия в радиоактивное загрязнение. Аналогичные задачи при измерении цезия могут решать радиометр РКГ-05, РУГ-91, спектрометр "Прогресс-спектр" и др.

В последнее время разработан экспресс-метод определения ^{90}Sr в зольном остатке с помощью радиометра РУБ-91 (Адани) или универсального спектрометрического комплекса "Гамма плюс".

Экспресс-методы радиационного контроля рыночной продукции особенно актуальны на территориях радиоактивного загрязнения, а также за их пределами, куда сельскохозяйственная продукция поступает в результате хозяйственной деятельности. Для контроля рыночной продукции используют дозиметры СРП-68-01 при определении объемной и удельной активности гамма-излучающих нуклидов и ра-

диометр "Бета" или его аналоги при определении активности бета-излучающих нуклидов в воде, продуктах питания, продукции растениеводства и животноводства. Для экспресс-анализа рыночной продукции удобно использовать спектрометр РСУ-01 "Сигнал", радиометры РУБ-01П6 или РКГ-05. При поступлении продукции на рынки прибором СРП-68-01 устанавливают однородность партии продукта по измеренным уровням гамма-излучения. Продукцию считают однородной по уровню загрязнения, если измерения, проведенные в разных точках упаковки, контейнера, емкости и т.п., различаются не более чем в 2 раза. Если установлена неоднородность партии продукции, проводят сортировку продуктов на 3 группы по степени их радиоактивной загрязненности (высокая, средняя и низкая), от каждой из которых берут дополнительные пробы и делают заключение об их уровне активности.

Прижизненный радиационный контроль актуален для регионов, которые подвергались радиоактивному загрязнению. Если хозяйство сдает животных на мясокомбинат, то надо перед их отправкой проверить концентрацию радионуклидов в мышцах и решить вопрос о возможности их убоя на мясо.

В таких случаях предварительно определяют радиоактивную загрязненность поверхности тела животных и наличие радиоактивных веществ внутри организма с помощью прибора ДП-5В. Для этого проводят 2 измерения с закрытым и открытым окном детектора. Если показания прибора с закрытым и открытым окном детектора одинаковые, обследуемая поверхность не загрязнена радиоактивными веществами. Если при открытом окне детектора показания больше, чем при закрытом, поверхность тела загрязнена радиоактивными веществами. Для прижизненного определения концентрации гамма-излучающих нуклидов в организме животных предложен экспресс-метод, который базируется на корреляции между мощностью дозы гамма-излучения, измеренной в надлопаточной области и в области ягодичных мышц животного, и содержанием радионуклидов в мышцах крупного рогатого скота. Метод может быть использован в условиях хозяйств, на скотоприемных пунктах, убойных площадках и мясокомбинатах. Для снижения фона и повышения точности измерения на чувствительную часть детектора (с торца) закрепляют конический свинцовый коллиматор длиной 140 мм при толщине свинца 5 мм. Погрешность прижизненного определения радионуклидов в мышцах в пределах $3,7 \cdot 10^2 \dots 3,7 \cdot 10^3$ Бк/кг ($10^{-8} \dots 10^{-7}$ Ки/кг $\pm 50\%$).

По результатам проведенных измерений и расчетов проводят сортировку животных или мясных туш на 2 группы ("а" и "б") при следующих условиях:

крупный рогатый скот принадлежит к группе "а", если мощ-

ность дозы равна или меньше 170 нГр/ч, мышечная ткань "чистая", и к группе "б", если мощность дозы больше 170 нГр/ч, мышечная ткань "грязная";

свиньи принадлежат к группе "а", если мощность дозы равна или меньше 70 нГр/ч, мышечная ткань "чистая", и к группе "б", если мощность дозы больше 70 нГр/ч, мышечная ткань "грязная".

Экспрессные методы радиационной экспертизы позволяют получить оперативные данные об уровне и масштабах радиоактивной загрязненности объектов сельскохозяйственного производства, своевременно выявить источники радиоактивного загрязнения и принять экстренные меры по ликвидации радиационных аварий или их последствий. Однако для полной и объективной характеристики радиационной обстановки и разработки системы защитных мероприятий в агропромышленном комплексе в различные периоды развития радиационной ситуации после радиационной аварии необходимо иметь данные о радионуклидном составе объектов сельскохозяйственного производства. Для получения таких сведений используют радиохимический анализ, который является основным методом определения концентрации отдельных радионуклидов в различных объектах.

Радиохимический метод состоит из нескольких неразрывно связанных стадий: отбор и подготовка проб исследуемых объектов; внесение носителей и минерализация проб; выделение радионуклидов из проб; очистка выделенных радионуклидов от посторонних нуклидов и сопутствующих макроэлементов; идентификация и проверка радиохимической чистоты; радиометрия выделенных радионуклидов; расчет активности и составление заключения.

Отбор проб проводят сотрудники радиологических отделов, другие лица (специалисты районных лабораторий) только после подробного инструктажа о правилах отбора и транспортировки проб с последующим периодическим их контролем. Для отбора проб за каждым радиологическим отделом закрепляется не менее 6 контрольных пунктов (колхоз, совхоз и другие хозяйства), типичных для данной области, с учетом их географического расположения, местных природных условий (рельеф, тип почв, характер растительного покрова, количество выпадающих осадков, роза ветров) и экономики.

Образец пробы должен быть типичным для исследуемого объекта, а масса (объем) достаточной, чтобы после концентрирования получить массу золы, необходимую для проведения радиохимического анализа (20--40 г). Нормы и сроки отбора проб приведены в таблице 1.

При отборе проб в контрольных пунктах измеряют гамма-фон прибором типа СРП-68-01 на расстоянии 0,7... 1 м от почвы и 1...1,5 см

от скирды, бурта, туши животных, рыбы и шерсти. Данные гамма-фона записывают в сопроводительном документе.

1. Сроки и нормы отбора проб объектов ветнадзора для исследования радиоактивности

Объект	Сроки отбора проб	Число проб	Масса (объем) проб
Трава	Весна, лето, осень	20...25	3...4кг
Грубые корма	Осень	20...30	2...3 кг
Силос, сенаж	В период скармливания животным	10...15	4...5кг
Корнеклубнеплоды	Осень	10...15	3...6кг
Концентрированные корма	"	20...30	2...3кг
Молоко	Ежеквартально	20	5...6 л
Мясо	Весна, осень	20	2...3 кг
Кости	Тоже	20	0,5 кг
Рыба свежая	По мере поступления	5	3,0 кг
Птица	По мере поступления	10	1 тушка
Яйцо	Тоже	10	10 шт.
Мед	"	10	0,2...1,0кг
Шерсть	"	5	0,2...0,5 кг
Вода	Весна, осень	3	510 л

Исследования взятых проб проводят прежде всего на наличие радионуклидов ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{131}I , ^{89}Sr , ^{90}Sr , U , Pu , ^{140}Ba , ^{91}Y , ^{141}Ce , ^{144}Ce , ^{103}Ru , ^{106}Ru , ^{95}Zr , которые определяют во всех объектах ветнадзора: ^{131}I - в течение 2...3 месяцев после выпадения радиоактивных осадков; ^{140}Ba - 3...4 месяцев; ^{91}Y , ^{89}Sr , ^{141}Ce , ^{95}Zr - 2 лет; ^{144}Ce , ^{106}Ru - 5 лет; ^{90}Sr , ^{134}Cs , ^{137}Cs , U , Pu , Pb - постоянно.

При радиоактивном загрязнении сельскохозяйственных угодий в результате незапланированных выбросов (аварий) на предприятиях ядерно-энергетического цикла усиливают радиационный контроль за объектами ветеринарного надзора. Массу (объем) отбираемых для исследований проб уменьшают в 2...3 раза, а частоту отбора увеличивают.

Пробы травы (1...2 кг) отбирают 2 раза в месяц в первый год радиоактивного загрязнения и 1 раз в месяц в последующие годы. Пробы сена, соломы, сенажа (1...2 кг), корнеклубнеплодов (1...2 кг) и концен-

трированных кормов (1...2 кг) отбирают при закладке их на зиму и при исследовании рационов. Зернофураж и солому отбирают одновременно в одних и тех же отделениях хозяйств. Силос исследуют только при поступлении его в рацион животным. Пробы воды (2...3 л) из рек, озер, прудов и других источников берут в местах водопоев 1 раз в месяц только в весенний, летний и осенний периоды. Молоко (1 ...2 л) берут не реже 2 раз в месяц в первый год радиоактивного загрязнения территории, а в последующие годы - 1 раз в месяц.

Мясо (1...2 кг), внутренние органы (0,5...1 кг), кости (0,5 кг) животных разных возрастов и видов отбирают непосредственно в контрольных хозяйствах в период убоя, но не реже 4 раз в год (зимой, весной - перед выгоном животных на пастбища или началом дачи зеленых кормов, в середине лета и осенью - перед переходом на зимний рацион). Отбор проб на мясокомбинатах проводят только от партий скота контролируемого района. Пробы мяса птиц (1 тушка) и яиц (10 штук) берут ежемесячно в период массового убоя и сдачи в торговую сеть. Рыбу (1...2 кг) отбирают целыми экземплярами одновременно с пробами воды (2...3 л) в период массового отлова, мед (0,2...0,3 кг) - перед сдачей на заготовительные базы или в торговую сеть.

Компоненты рационов кормления животных, в том числе птицы, отбирают одновременно с продукцией животноводства в первый год ежемесячно, а в дальнейшем - 1 раз в 2 месяца.

В контрольных пунктах одновременно с отбором проб измеряют мощность дозы естественного гамма - фона радиации в данной местности. Создается он в приземном слое атмосферы за счет космического излучения и радиоактивности верхних слоев Земли. Величина мощности дозы естественного фона на земной поверхности при отсутствии дополнительного загрязнения искусственными радионуклидами составляет 30...250 нГр/ч. Средний уровень 100 нГр/ч. На него ориентируются при отборе проб. Такие измерения нужны для радиационной характеристики данного района и своевременного выявления случайных радиоактивных загрязнений.

Места измерения мощности дозы гамма-фона определяют не ближе 100 м от зданий, чтобы избежать влияния радиоактивности строительных материалов этих зданий. Участок измерения фона должен быть удален примерно на 100 м от проезжих дорог и лесных массивов. Так как фон в течение суток меняется, его измеряют на открытой местности в каждом контрольном пункте в одни и те же часы. Чувствительный элемент дозиметра располагают на расстоянии 1 м от поверхности Земли. При каждом измерении гамма-фона мощность дозы определяют в трех точках на расстоянии 100...200 м одна от другой. Средний показатель регистрируют в рабочем журнале и записывают в сопроводительном документе.

В случае повышения гамма-фона в 2 раза и более необходимо немедленно в установленном порядке сообщить об этом в вышестоящие государственные ветеринарные учреждения и СЭС. Одновременно проводят внеплановый отбор проб объектов ветеринарного надзора и исследуют их на загрязненность.

Для измерения мощности дозы естественного фона пользуются радиометрами СРП-68-01, РУП-1, ДП-5А или другими приборами достаточной чувствительности.

При отборе проб необходимо соблюдать определенные правила.

Отбор проб *травы* проводят как на низинных, так и на горных пастбищах и сенокосах, удаленных от дорог не менее чем на 200 м. Траву срезают на трех участках, расположенных по треугольнику и отстоящих один от другого примерно на 50... 100 м. Пробу взвешивают, записывают сырую массу и помещают в целлофановый мешок.

Пробы *сена, соломы, мякоти, половы, концентрированных кормов* отбирают при закладке их на зимнее хранение. Пробу усредняют, взвешивают и помещают в матерчатый или целлофановый мешок или в бумажный пакет.

Овощи и корнеклубнеплоды исследуют, как правило, в период уборки, отбирая усредненные пробы (по несколько экземпляров из разных слоев бурта или ящиков в 1 пробу). Очищенные от земли и вымытые, их обрабатывают как одну пробу.

Пробы *мяса* берут из нежирной части туши, не снижая ее товарных качеств. Для анализа можно использовать мышцы шеи или конечностей. Однотипность отбираемых проб позволяет сопоставить получаемые результаты при исследовании мяса разных видов, возрастов и пород животных.

Однотипность следует соблюдать и при отборе *проб костей*, так как отложения остеотропных радионуклидов (например, стронция) неравномерны не только в разных участках одной и той же кости. Для исследования удобно брать последние ребра и шейные позвонки.

Для исследования *мяса птицы* берут 1 тушку, а при небольшой массе - 3...4 тушки, отделяют мясо от костей и делают среднюю пробу. Мышцы и кости исследуют отдельно.

Рыбу для анализа отбирают целыми экземплярами, если она мелкая (при массе до 0,5 кг), а от крупной берут отдельные части (голова с частью тушки, часть туши с позвоночником). Надо учитывать, что наибольшую концентрацию радионуклидов обнаруживают в жабрах, плавниках и чешуе, поэтому проба во всех случаях должна быть усредненной.

Чтобы не допустить порчи мяса, костей при доставке в радиологический отдел или при хранении, их консервируют. Пробы заверты-

вают в несколько слоев марли, сильно смоченной 4...5 %-ным раствором формальдегида, или помещают в плотно закрывающиеся банки (полиэтиленовые мешки), куда вкладывают большой тампон ваты (фильтровальной бумаги), смоченной 40%-ным раствором формальдегида. Целые тушки птицы и рыбы можно консервировать путем инъецирования в них из шприца 5%-ного раствора формальдегида.

Яйца отбирают из одного птичника от птиц, содержащихся на одном рационе и в одинаковых условиях. Для анализа берут 20-40 яиц, объединяют в усредненную пробу. Всю пробу перед анализом разделяют на съедобную часть (белок и желток) и скорлупу, которые исследуют отдельно. Яйца транспортируют в целом виде в упаковке, обеспечивающей их сохранность.

Пробы *воды* из рек, прудов, озер отбирают у берегов в местах водопоя животных. Если водоем глубокий, то берут 2 пробы: с поверхности и на расстоянии примерно 0,5 м от дна (чтобы не захватить донные отложения). Пробы помещают в чистые бутылки, предварительно ополоснув их исследуемой водой. Чтобы понизить адсорбцию радиоизотопов на стекле, воду подкисляют азотной или соляной кислотой до слабокислой реакции.

Молоко перед взятием пробы тщательно перемешивают. Из большой тары берут пробы с поверхности и из глубины (стеклянной трубкой). Можно надаивать молоко от отдельных коров (выборочно) в чистые бутылки. Для радиометрического и радиохимического анализов используют как цельное, так и сепарированное молоко.

Каждую отобранную пробу взвешивают, помещают в чистую сухую тару, упаковывают в ящики и опечатывают. К таре прикрепляют этикетку, где указывают название пробы, место и дату взятия, ее массу. При взятии проб, их пересылке, а также при оформлении документов, дающих право хозяйству на списание взятых продуктов, следует руководствоваться действующими "Методическими указаниями по отбору и доставке проб объектов ветнадзора для определения их радиоактивной загрязненности".

Принимают и обрабатывают доставленные в лабораторию пробы в специальном помещении, оборудованном вытяжными и сушильными шкафами, муфельными печами, приспособленными для мытья тары, посуды и при необходимости проб. Присланный материал перед взятием средней пробы тщательно перемешивают, при необходимости промывают в проточной воде, измельчают с помощью мясорубки, терки, кофемолки, ножа и ножниц.

Внесение носителей и минерализацию проб осуществляют следующим образом. Носителями радионуклидов обычно служат ста-

бильные элементы, одноименные или сходные по химическим свойствам с выделяемым из пробы радионуклидом и добавляемые в пробы в виде растворов тех или иных солей. Использование носителей значительно упрощает анализ, позволяя применять для выделения нуклидов реакции осаждения труднорастворимых солей и контролировать полноту выделения. Носитель вводят в пробу до начала ее химической обработки, что предотвращает неконтролируемые потери радионуклида. Обычно количество носителя выбирают равным 30...60 мг в пересчете на весовую форму, в виде которой носитель выделяют из пробы и взвешивают.

Роль носителя заключается в том, что, будучи введенным в пробу, он увеличивает массу выделяемого элемента и позволяет увлечь за собой одноименный или сходный по химическим свойствам радионуклид по всем этапам анализа, чем достигается наиболее полное извлечение радионуклида. Зная количество введенного в пробу носителя перед анализом и количество полученного в результате анализа, определяют химический выход носителя, по которому судят о полноте выделения радионуклида. Химический выход носителя определяют как отношение массы выделенного носителя (мг) в конце анализа к массе внесенного носителя (мг) в пробу перед анализом. Кроме того, применение носителей в радиохимическом анализе позволяет получить в конце анализа "весомое" количество радиоактивного препарата, которое можно нанести на подложку для радиометрии.

Обычно пробы содержат органические вещества, которые должны быть разрушены без потери радионуклидов на этапе подготовки проб к анализу с целью получения исходного гомогенного раствора. Разрушение органических веществ проводят, как правило, путем сухого или мокрого озоления. Чаще применяют метод сухого озоления, который состоит из трех этапов: высушивания, сжигания (обугливания) и озоления.

Высушивание проб проводят в сушильных шкафах при температуре 80... 100 °С. Сухие пробы сжигают на электроплитках или газовых горелках. При сжигании нельзя допускать воспламенения, так как при этом происходит потеря радионуклидов. Полученный после сжигания материал переносят в фарфоровые тигли или чашки и проводят озоление в муфельных печах при температуре 400...450 °С. Продолжительность озоления различная, в зависимости от количества и вида органических соединений в пробе: для растительных проб оптимальным временем считают 2...4 ч, для проб мяса, молока, костей и корнеклубнеплодов - 15...25 ч. Озоление считают законченным, когда зола приобретает светло-серый или серый цвет, в зависимости от материала

пробы. Если в золе содержатся обугленные частицы, содержимое тигля после охлаждения смачивают концентрированной азотной кислотой, высушивают и прокаливают еще раз. В результате минерализации получают остаток, состоящий из смеси солей и окислов, который иногда с трудом растворяется в кислотах. Озоленные пробы охлаждают в эксикаторе до комнатной температуры, взвешивают и рассчитывают коэффициенты озоления K_{O_2} (г/кг) путем деления массы золы (г) на массу сырой пробы, взятой для сжигания (кг). Готовую золу растирают в мелкий порошок и используют для определения суммарной бета-активности и радиохимического анализа.

На первом этапе радиохимического анализа необходимо перевести золу в раствор. В большинстве случаев для анализа берут 20...30 г золы. Существуют два метода перевода золы в раствор: растворение и экстрагирование. Под растворением пробы понимают полное переведение ее в раствор. Это достигается только в том случае, когда в пробах отсутствует кремниевая кислота. Способы полного растворения озоленных проб практически применимы лишь к навескам 1... 10 г. Для растворения необходимо применять жесткие условия (концентрированные кислоты, высокую температуру и встряхивание).

Из больших навесок золы радионуклиды приходится экстрагировать кислотами. Многие радионуклиды хорошо экстрагируются из больших навесок проб. Никакие способы контроля полноты экстракции в этом случае невозможны.

Выделение радионуклидов из проб проводят реакцией осаждения, экстракцией и дистилляцией.

Для *осаждения* выбирают реакции, наиболее специфические для выделяемого элемента. Цель этого этапа работы - по возможности более полно выделить носитель и отделить его от сопутствующих макро- и микроэлементов пробы. Выбор реакции осаждения особенно важен тогда, когда из пробы должны быть выделены последовательно несколько радионуклидов.

В радиохимическом анализе полное выделение носителя не является главной задачей. Гораздо важнее обеспечить такие условия, при которых доли выделенного носителя и радионуклида равны. Этого достигают, когда радионуклид и носитель находятся в одинаковой химической форме или переходят в одинаковую форму в момент выделения осадка. Данное требование автоматически выполняется для большинства элементов. Трудности в приведение радионуклидов и их носителей к единой химической форме возникают чаще в случае элементов, отличающихся многообразием химических форм в растворах. К таким элементам относится, например, йод, который может быть в

растворе в виде I_2 , Γ , IO_3^- , IO_4^- . Если первые две формы легко переходят друг в друга, $I_2 - 2\Gamma$, то для превращения их в одну из кислородсодержащих форм должны быть созданы специальные условия, иначе носитель, добавленный в виде Γ , и радионуклид, находящийся в форме IO_3^- , (IO_4^-), будут вести себя совершенно независимо. Количественное выделение носителя в этом случае не приведет к количественному выделению радионуклида.

Химическое состояние в растворе радионуклидов со сложным химическим составом, как правило, неизвестно. Поэтому перед выделением носителя обеспечивают условия, в которых он превращается из одной формы в другую, побывав во всех возможных валентных состояниях. Для йода это достигается введением носителя в двух формах в таких соотношениях, в которых весь йод превращается в элементарное состояние $\Gamma + IO_4^- > I_2$. При этом в какой бы химической форме ни находился в растворе радионуклид йода, в одной из стадий превращения носителя их химические формы совпадут, и далее они будут вести себя одинаково.

Использование *метода экстракции* для выделения радионуклидов из растворов проб имеет ряд преимуществ. Поверхность раздела фаз при экстракции ничтожно мала по сравнению с таковой при осаждении. Это позволяет повысить селективность извлечения нуклидов. Кроме того, данный метод отличают быстрота и легкость исполнения. Однако процесс экстракции часто неспецифичен для данного элемента, и в органический растворитель переходит целая группа нуклидов. Исключение составляет экстракция элементарного йода (эфиром, хлороформом и пр.) из азотнокислых растворов и экстракция уранилнитрата диэтиловым эфиром из раствора 1,5 н. HNO_3 . Когда в пробе содержится несложная смесь нуклидов и их количества сравнимы, экстракция весьма полезна. Так, в пробах золы молока и костей, как правило, присутствуют лишь 3 нуклида бета-излучателя ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{90}Y . В таких условиях экстракция иттрия трибутилфосфатом приводит к количественному выделению химически и радиохимически чистых препаратов иттрия.

Возможность использования *дистилляции* в радиохимическом анализе ограничивается нуклидами тех элементов, которые образуют легколетучие соединения. Особенность методов дистилляции - их чрезвычайно высокая специфичность для каждого элемента, позволяющая получить без дополнительной очистки радиохимически и химически чистые препараты.

Очистку выделенных радионуклидов от посторонних нуклидов и сопутствующих макроэлементов проводят с целью получения радио-

химически чистых препаратов. Радиохимически чистым называют препарат данного радионуклида, не содержащий других радиоактивных веществ. Например, выделенный из раствора и очищенный препарат стронция не должен содержать никаких других нуклидов, кроме ^{89}Sr и ^{90}Sr . В радиохимическом анализе можно считать условно радиохимически чистыми и такие препараты, которые кроме изотопов выделяемого элемента содержат другие нуклиды, не мешающие количественному измерению радиоактивности определяемых радионуклидов. Например, в результате экстракции иттрия из азотнокислых растворов проб костей получают препараты, содержащие не только ^{90}Y , но и радионуклиды тория и плутония, количественно экстрагирующиеся в тех же условиях. Однако эти радионуклиды являются альфа-излучателями и не регистрируются детекторами, используемыми для измерения бета-активности ^{90}Y .

Идентификацию и проверку радиохимической чистоты выделенных из проб радионуклидов выполняют с помощью приборов, используемых для измерения скорости счета препаратов. Короткоживущие радионуклиды можно идентифицировать, определив их период полураспада путем измерения скорости счета от препарата несколько раз с небольшими интервалами (в часах, днях) до снижения ее наполовину от исходной. По результатам измерений строят график в координатах логарифм скорости счета - время. Из графика находят период полураспада радионуклида и сравнивают его с табличным значением. Совпадение найденного и табличного значений свидетельствует о радиохимической чистоте измеряемого препарата. Если в препарате присутствует один радионуклид с простым спектром, то на графике получится прямая линия. Если экспериментальные точки не укладываются на прямую, это означает, что в препарате есть по крайней мере 2 радионуклида. Графическим анализом кривая может быть разложена на прямолинейные участки, соответствующие каждому из содержащихся в препарате радионуклидов.

В случае анализа долгоживущих радионуклидов такую проверку радиохимической чистоты можно выполнить измерением слоя половинного поглощения бета-частиц в алюминии, характеризующим максимальную энергию бета-спектра радионуклида, являющуюся одной из основных его характеристик. Для определения слоя половинного ослабления измеряют скорость счета от препарата, а затем закрывают препарат экраном из алюминиевой фольги известной толщины ($\text{мг}/\text{см}^2$) и вновь измеряют скорость счета. Далее накрывают препарат последовательно вторым, третьим и т. д. экранами, каждый раз определяя скорость счета от препарата до тех пор, пока она не уменьшится

до скорости счета фона. По результатам измерения на графике в координатных осях, на которых отложены логарифм скорости счета и толщина алюминиевой фольги ($\text{мг}/\text{см}^2$), строят график, аналогичный графику изменения активности со временем, но такой график может быть построен быстрее (за несколько минут или часов, в зависимости от активности). Если в препарате присутствует один радионуклид с простым спектром, то на графике получится прямая линия, по наклону которой находят слой половинного ослабления. Найденное значение сравнивают с табличным. Если радионуклид испускает 2 (или больше) группы бета-частиц, график будет представлять собой кривую, которую можно разложить на соответствующие прямые точно так же, как и при определении периода полураспада.

Спектрометрический метод радиационной экспертизы применяют для анализа сложных смесей без предварительного выделения радионуклидов. Наиболее широко распространены гамма-спектрометрические методы с использованием сцинтилляционных и полупроводниковых детекторов. Спектрометрия актуальна при "свежих" выпадениях смеси радионуклидов, а когда известен изотопный состав, то нет необходимости проводить спектрометрию. При использовании гамма-спектрометрических методов нужны три эталонных гамма-источника для градуировки спектрометра по энергии. Если есть ЭВМ, то необязательно иметь три источника - метрологи проводят калибровку по своим источникам; данные вводят в компьютер и выдают свидетельство на один год.

Мероприятия по снижению поступления радионуклидов в продукцию растениеводства

Для получения «чистой» продукции на загрязненной территории принимается ряд мер организационного, агротехнического, агрохимического и технологического характера, перечисленных выше. Организационные мероприятия включают проведение инвентаризации земель, составлением карты загрязнения, проводится прогноз загрязнения радионуклидами урожая, с учетом принимаемых мер по снижению этого загрязнения.

Определены научные основы земледелия в условиях радиоактивного загрязнения, которые учли тенденции миграции радионуклидов, характер почв. В частности установлено, что в ближайшие 30 лет существенного самоочищения почв в результате миграции радионуклидов в нижележащие горизонты не произойдет.

Количество радионуклидов больше всего в торфяных почвах. 90% цезия-137 сохраняется в слое 5 см, а 80% стронция-90 находится в обменном виде, т.е. в растениях.

Влиять на снижение содержания радионуклидов в продуктах питания можно на трех этапах: 1) почва – растения, 2) корм – животное, 3) доработка и переработка сельскохозяйственного сырья.

Как показывает опыт, наибольшего эффекта в снижении поступления в организм человека радионуклидов по биологическим и пищевым цепям можно достичь в звене пищевой цепи «почва – растение».

Содержание радионуклидов в сельскохозяйственной продукции зависит как от плотности загрязнения, так и типа почв, их гранулометрического состава и агрохимических свойств, а также биологических особенностей возделываемых культур. Показатели почвенного плодородия оказывают существенное влияние на накопление всеми сельскохозяйственными культурами радионуклидов, особенно многолетними травами.

Еще большее влияние на накопление радионуклидов в сельскохозяйственной продукции оказывает режим увлажнения почв. Очевидно, что плотность загрязнения почв сельскохозяйственных угодий радионуклидами не может однозначно отражать уровень загрязнения выращиваемой продукции, необходим учет основных свойств каждого поля.

Особенности минерального питания, неодинаковая продолжительность вегетационного периода и другие биологические особенности различных видов растений влияют на накопление радионуклидов. Сортовые различия в накоплении радионуклидов значительно меньше (до 1,5–3,0 раз), но их также необходимо учитывать при подборе культур. Для прогноза используются значения коэффициентов перехода радионуклидов из почвы в урожай из расчета на 1 Ки/км², которые дифференцированы в зависимости от типа и гранулометрического состава почв, содержания обменного калия и реакции почвенной среды, а также результаты агрохимического и радиологического обследования почв, их влажности. Прогнозирование загрязнения растениеводческой продукции цезием-137 сводится к умножению коэффициента перехода на величину плотности загрязнения почвы данного поля.

2. Средства индивидуальной защиты

К средствам индивидуальной защиты условно относятся защитные средства сугубо индивидуального пользования – спецодежда и другие приспособления для защиты различных органов человека. Основное назначение средств индивидуальной защиты – защитить работающего от попадания радиоактивных веществ внутрь организма. Кроме того, средства индивидуальной защиты обеспечивают иногда полную, а чаще всего частичную защиту от внешнего облучения. При работе с изотопами, испускающими мягкое бета-излучение (углерод-14, сера-35 и др.) или альфа-излучение можно не применять каких-

либо защитных экранов, так как уже посуда, одежда и перчатки полностью поглощают такие излучения. В других случаях, кроме средств индивидуальной защиты, необходимо применять дополнительные средства защиты от внешнего облучения (экраны, дистанционный инструмент и т.д.).

Халаты. Все работы с радиоактивными веществами проводятся только в халатах. Халаты должны изготавливаться из гладкой белой ткани (сатин, молескин). Ворот у халата закрытый, завязки – на спине.

Шапочка. Применяется для защиты головы и волос от радиоактивной пыли, закрепляет волосы. Изготавливается из той же ткани, что и халаты.

Нарукавники. Применяются для предохранения рукавов халата от загрязнения радиоактивными веществами. Нарукавники делают из хлопчатобумажной ткани и различных пластикатов.

Фартук. Применяется при работе, во время которой возможно разбрызгивание радиоактивных жидкостей (мытьё посуды, переливание радиоактивных жидкостей и т.п.). Фартуки должны быть изготовлены из пластикатов.

Перчатки. Все работы с радиоактивными веществами в открытом виде нужно обязательно проводить в резиновых или пластиковых перчатках. Обычно применяются хирургические перчатки. В тех случаях, когда проводятся работы, при которых можно легко порвать хирургические перчатки (переноска и сборка оборудования и т.д.), лучше применять анатомические или другие более толстослойные перчатки. При работе в защитных шкафах и боксах применяются перчатки с длинными рукавами. Перчатки индивидуального пользования следует подбирать строго по руке. Перед их надеванием руки посыпать тальком. При надевании перчаток следует пальцами голый руки брать только за внутреннюю сторону манжеты, а пальцами руки, одетой в перчатку, брать только за внешнюю сторону манжеты второй перчатки. Манжеты перчаток должны находить на рукава халата.

Обувь. При работе в радиоизотопных лабораториях рекомендуется надевать отдельную обувь, например, тапочки на резиновой подошве. В отдельных случаях при работах, связанных с возможностью загрязнения радиоактивными веществами ног, применяется специальная обувь – резиновые калоши, резиновые чуни, бахилы из специальной резины, ботинки, сапоги из специальной резины, болотные сапоги и др.

Щитки. Для защиты лица и глаз от бета – излучений используются щитки из органического стекла.

Респираторы. Применяются для защиты дыхательных путей от попадания радиоактивной пыли и газов. Если существует какая-либо вероятность в процессе работы выделения радиоактивных газов нужно

применять респираторы с химическими поглотителями радиоактивных газов.

Халаты и комбинезоны из пластика. Применяются обычно при работе с большими активностями, при монтажных и ремонтных работах в радиоизотопной лаборатории, при полевых работах с радиоактивными веществами и т.п.

Пневмокостюмы. Применяются при заходе в шкафы, боксы, камеры, помещения, сильно загрязненные радиоактивной пылью или парами, при авариях, ремонтно-монтажных работах и т.д.

При работе с радиоактивными веществами очень важно соблюдать дисциплину труда, выполнять существующие защитные мероприятия, применять индивидуальные защитные средства. Самое серьезное значение должно придаваться соблюдению личной гигиены, знанию правил работы с радиоактивными веществами, правил дезактивации. В этом залог успеха обеспечения безопасного проведения работ, получения необходимых научных результатов без ущерба для здоровья.

Занятие 9

ТЕМА: Радиометрия

Цель работы: 1. Изучить - понятие радиометрии.

2. Подразделения радиологической службы, осуществляющие радиометрический контроль сельскохозяйственной продукции. Виды радиометрического контроля.

3. Этапы радиометрического контроля в хозяйстве (контрольной точке). Документация при проведении планового периодического контроля.

Радиометрия (от лат. radio – «излучаю» + от греч. metreo – «измеряю») – это раздел радиологии, разрабатывающий методы радиологических исследований и использующий их для радиометрического контроля.

Родоначальниками радиометрии стали Эрнест Резерфорд и немецкий физик Ганс Гейгер, которые в 1930 г. впервые с помощью истрогового счетчика осуществили измерение удельной активности препарата, определив число α -частиц, испускаемых за 1 сек одним граммом радия-226.

Виды радиометрического контроля

Государственный ветеринарный надзор за получением радиационно-безопасной, нормативно или экологически чистой сельскохозяй-

ственной продукции, сырья и кормов осуществляется на всех этапах ее производства: от выращивания (на предприятиях, хозяйствах независимо от форм собственности), переработки (на мясокомбинатах, молокозаводах, фабриках по первичной обработке шерсти, шкур и т.д.), хранения (хладокомбинатах), обращения (транспортирования всеми видами транспорта, импорте, экспорте) и реализации (рынки, магазины). Ответственность за соответствие сельскохозяйственной продукции, установленным санитарным и ветеринарно-санитарным требованиям, несут ее производители.

Государственный ветеринарный надзор за содержанием радиоактивных веществ в сельскохозяйственной продукции осуществляется с помощью следующих видов радиометрического контроля:

- *планового периодического;*
- *планового систематического;*
- *внепланового оперативного;*
- *внепланового по мере обращения физических и юридических лиц;*
- *сплошного обследования и проверок.*

Применение того или иного вида радиометрического контроля определяется радиационной ситуацией в регионе, зависит от целей, задач и видов контроля.

Плановый периодический контроль проводят на всей территории РФ, в том числе и на территориях, пострадавших от радиационных аварий. Для этого край, республику, область делят не менее, чем на 7 зон.

В каждой зоне есть контрольные пункты – животноводческие хозяйства (фермы, отделения с их кормовой базой) независимо от форм собственности, выбранные с учетом географических, почвенно-климатических условий, структуры животноводства, радиационной ситуации и расположения радиационно-опасных объектов.

В зависимости от метода радиологического контроля, количество контрольных пунктов следующее: по одному молочно-товарному хозяйству в северном, южном, западном, восточном районах региона и в природной зоне, а также по одному товарному свиноводческому и птицеводческому хозяйству. При наличии товарных овцеводческих, рыбоводческих хозяйств устанавливают по дополнительному контрольному пункту и в этих хозяйствах.

Если в регионе есть АЭС или другой объект радиационной опасности, то дополнительно устанавливают в зоне каждого объекта ещё три контрольных пункта: в санитарно-защитной зоне, зоне наблюдения и зоне контроля, с учетом розы ветров. В случае товарного разведения рыбы в пруде-охладителе АЭС устанавливают четвертый дополнительный контрольный пункт.

Контрольные пункты назначаются приказом Государственного ветеринарного инспектора субъекта РФ. Перенос контрольных пунктов допускается в крайних случаях: ликвидации, перепрофилирования хозяйства с полным прекращением производства животноводческой продукции и только по согласованию с Центральной научно-производственной ветеринарной радиологической лабораторией.

В эти хозяйства ежеквартально приезжают сотрудники радиологического отдела для отбора проб. На территории фермы или другого объекта определяют радиационный фон, затем заходят в производственные корпуса, склады и определяют радиационный фон в них. Кроме того, в складском помещении определяют уровень радиации от каждой партии корма, причем в нескольких точках, для определения однородности по радиоактивному загрязнению. Отличие должно быть не более, чем в 2 раза.

Плановый систематический контроль проводят на территориях, пострадавших от радиационных аварий. Пробы объектов ветеринарного надзора отбирают на рынках, предприятиях перерабатывающей промышленности.

На рынках плановый систематический контроль осуществляют в случае поступления туда в течение года после аварии продукции с содержанием радионуклидов выше действующих нормативов. Если повышение не было отмечено, то переходят к плановому периодическому контролю.

На предприятиях перерабатывающей промышленности плановый систематический радиологический контроль всей сельскохозяйственной продукции проводят только при поступлении ее из хозяйств, где в течение года отмечены случаи получения продукции с повышенным содержанием радиоактивных веществ. Продукция, полученная из «чистых» хозяйств, подлежит плановому периодическому контролю.

Плановому систематическому контролю подлежат все сельскохозяйственные животные и продукция, закупаемая у частных лиц и фермеров. У животных в мышечной ткани прижизненно определяют уровень содержания Cs^{137} с помощью специальных приборов, например, радиометром - спектрометром РСУ-01 «Сигнал-М».

Сырье с повышенным содержанием радионуклидов, поступающее на перерабатывающие предприятия, и готовая продукция из него также подвергается систематическому контролю на содержание Sr^{90} и Cs^{137} .

Внеплановый оперативный радиологический контроль проводят в случае новых радиационных аварий. Контролю подвергается сельскохозяйственная продукция в хозяйствах, на рынках, предприятиях перерабатывающей промышленности, хладокомбинах, а также и корма, поступающие из пострадавших регионов.

Всю продукцию и корма исследуют на суммарную β -активность и содержание в них радионуклидов согласно действующим нормативным документам.

Сплошное обследование проводят в острый послеаварийный и последующий периоды с целью определения:

- зоны поражения;
- спектра и характеристик выпавших радионуклидов;
- степени радиоактивного загрязнения объектов ветнадзора.

Это необходимо для прогноза дозовой нагрузки на сельскохозяйственных животных и человека. На основании этого принимаются решения по ведению сельскохозяйственного производства на «загрязненной» местности, а также меры, направленные на снижение последствий от радиационной аварии.

Сплошному обследованию подлежат все хозяйства, расположенные на прогнозируемом радиоактивном следе и территории, прилегающей к нему. Эта территория охватывает зоны с предполагаемым максимальным поражением.

Проверка – это государственный ветеринарный надзор и производственный контроль за проводимыми радиологическими исследованиями с целью получения радиационно-безопасной сельскохозяйственной продукции.

Проверкам подлежат:

- хозяйства, предприятия перерабатывающей промышленности, расположенные на территории, пострадавшей от аварии. Проверяется соблюдение требований и рекомендаций на получение нормативно чистой сельскохозяйственной продукции и снижение дозовой нагрузки на животных.

- ведомственные, государственные, ветеринарные и другие лаборатории, осуществляющие контроль за содержанием радиоактивных веществ в объектах ветнадзора. Проверяется соблюдение правил, методик проведения радиологических исследований, наличие необходимых приборов, оборудования нормативных документов, штат и квалификация персонала. Всё должно соответствовать требованиям, изложенным в нормативном документе «Положение о Системе государственного ветеринарного контроля радиоактивного загрязнения объектов ветеринарного надзора в Российской Федерации».

Основу радиометрического контроля составляет *радиоэкспертиза* по определению Cs^{137} , Sr^{90} и ряда других нормативных радионуклидов. Определение суммарной β -активности в настоящее время не является обязательным, так как она суммарно создается от всех β -излучающих радиоизотопов, присутствующих в пробе (естественных и искусственных по происхождению).

Более строгие требования предъявляются к содержанию искусственных радионуклидов, как наиболее опасных в биологическом отношении. Радиоэкспертизу проводят экспресс-методом или более точным - по зольному остатку. Если экспресс-метод не требует специальной подготовки пробы, кроме измельчения, то для получения золы пробу необходимо высушить, сжечь и озолиить. Затем в золе спектрометрическим или химическим анализа-

ми определяют содержание радионуклидов.

Радиоэкспертизу проводят в несколько этапов:

- отбор проб;
- транспортировка проб;
- подготовка проб к радиометрированию;
- радиометрирование.

Дозиметрический контроль партии сельскохозяйственной продукции по мощности дозы гамма-излучения проводят с помощью поискового радиометра (СРП-68-01, СРП-88Н и др.). Если фоновый уровень мощности экспозиционной дозы повышен, проводят дозиметрический контроль более точными дозиметром ДРГ-01Г1. Превышение дозового уровня мощности гамма-излучения должно быть отмечено в акте отбора, а со стороны ветврача приняты соответствующие меры защиты.

Отбор проб объектов ветнадзора заключается в формировании пробы, типичной и достоверно характеризующей исследуемую партию корма или животноводческой продукции.

Порядок отбора проб включает:

- выделение однородной по радиоактивному загрязнению партии (дозиметрический контроль, о чем говорилось ранее);
- определение числа проб, необходимых для проведения радиоэкспертизы: количество средних проб зависит от величины (массы, объема) партии, продукции. Отбор производят в соответствии с установленными нормами.

Минимальное количество продукции, отобранной из одного места за один прием от продукта для составления объединенной пробы, называется *точечной пробой*. Масса точечных проб и их количество зависят от требуемой величины объединенной пробы.

Объединенная проба – это совокупность точечных проб, предназначенная для составления средней пробы. Для этого точечные пробы помещают в одну емкость, тщательно перемешивая. Масса (объем) объединенной пробы должна быть достаточной для формирования средней пробы.

Средняя проба – часть объединенной пробы, предназначенная для проведения исследования. По ее радиоактивности судят о радиоактивном загрязнении всей партии.

Среднюю пробу из объединенной готовят по методике, принятой в зооанализе. Из средней пробы готовят счетный образец – определенное количество вещества с учетом его коэффициента озоления (табл. 2).

Таблица 2 – Сроки и нормы отбора проб объектов ветнадзора

Наименование пробы	Сроки отбора проб	Масса пробы (кг)
Зеленые корма	Весна, лето, осень	4-5
Грубые корма (сено, солома)	Осень	2-3
Корнеклубнеплоды	Осень	3-6
Концентрированные корма	Осень (привозные по мере поступления)	1-2
Молоко	Ежеквартально	5-6
Мясо	Весна, осень	2-3
Кости	То же	0,5
Рыба свежая	По мере поступления	3
Вода	Весна и осень	Необходимое количество

При отборе проб должны присутствовать представители хозяйства (контрольной точки).

Отбор проб молока и молочных продуктов. Перед отбором проб молоко в цистернах, флягах и других емкостях тщательно перемешивают. После перемешивания продукта из каждой емкости отбирают точечные пробы в одинаковом количестве (но не менее трех). Объем точечной пробы 0,1 - 0,5 л.

При выпуске молока во флягах в выборку включают 5% фляг от общего количества, но не менее трех.

При отборе проб молока, расфасованного в потребительскую тару (бутылки, пакеты) точечными пробами являются данные фасовки. От молочных продуктов, расфасованных в бутылки и пакеты, в качестве точечной пробы отбирают следующее количество единиц фасовок:

- от партии до 100 единиц - 2 фасовки;
- от 101 до 200 единиц - 3 фасовки;
- от 201 до 500 единиц - 4 фасовки;
- от 501 до 1000 единиц - 5 фасовок.

Из точечных проб формируют объединенную пробу и отбирают среднюю пробу, которая поступает на лабораторное исследование. Объем средней пробы молока должен составлять не менее 2 л.

Сметана. От сметаны, расфасованной в крупную тару, в выработку отбирают и вскрывают 10% всего количества единиц упаковок. При наличии менее 10 единиц упаковок вскрывают только одну. После вскрытия тары сметану перемешивают мутовкой. Объем точечной пробы составляет от 0,05 до 0,1 л. Точечные пробы объединяют в одной чистой емкости, формируя объединенную пробу.

Перед взятием средней пробы сметану тщательно перемешивают, а если она имеет густую консистенцию, то предварительно нагревают на водяной бане до +30...+35°C, а затем охлаждают до 20°C.

Отбор проб и мясных продуктов. Отбор проб мяса (говяжьего, бараньего, свиного), внутренних органов сельскохозяйственных животных, предназначенных для реализации населению проводят на мясокомбинатах, холодильниках и местах реализации продукции (базы, магазины и т.п.).

На мясокомбинатах и холодильниках от каждой однородной партии в выборку включают 10% туш крупного рогатого скота, 5% туш овец и свиней и 2% замороженных или охлажденных блоков мяса и субпродуктов, но не менее трех.

Точечные образцы отбирают от каждой включенной в выборку мясной туши или ее части целым куском массой не менее 200 г из следующих мест: у зареза, напротив 4 - 5-го шейных позвонков, в области лопатки, бедра и толстых частей мышц.

Образцы от замороженных и охлажденных блоков мяса и субпродуктов (печень, почки, селезенка, легкие и др.) отбирают также целыми кусками массой не менее 0,2 кг, а щитовидную железу берут целиком.

Из полученных точечных проб формируют объединенную пробу массой не менее 2,0 кг. Для формирования средней пробы (1,0 кг) мясо тщательно перемешивают и измельчают, пропуская через мясорубку.

Отбор проб готовой мясной продукции, полуфабрикатов, копченостей и колбасных изделий производят из выборки упаковочных единиц (ящики, коробки и т.п.), которая составляет 10% от всей партии, но не менее двух единиц. Точечные пробы должны быть массой 0,05 - 0,1 кг. Затем их перемешивают, получая объединенную пробу, а

уже из нее отбирают среднюю пробу массой не менее 1 кг.

Отбор проб мяса кроликов проводят аналогично мясу птицы с той лишь разницей, что из транспортной упаковки отбирают одну кроличью тушку.

Отбор проб птицы, яиц. Тушки и полутушки птиц отбирают от поставляемой на реализацию партии методом случайной выборки. Число проб зависит от количества единиц транспортных упаковок в партии (табл. 3).

Таблица 3 - Объемы выборки образцов птицы*

Количество единичных транспортных упаковок в партии	Количество отобранных транспортных упаковок	Количество отобранных образцов (полутушек, тушек)	Количество отобранных образцов (четверть тушки)
до 20	1	2	2
21-100	2	4	2
101-400	5	10	5
401-800	7	14	7
801-1500 и более	10	20	10

*Согласно ГОСТ Р 54015-2010 «Продукты пищевые».

Пробы кур отбирают полутушками и тушками, а гусей и индеек – четвертью тушки. При отборе проб на ферме объем выборки составляет не менее трех тушек кур и уток, и не менее трех полутушек гусей и индеек.

Для исследования куриных яиц от партии яиц производят выборку упаковочных коробок. Стандартная транспортная упаковка вмещает 360 штук яиц. Если таких упаковок до десяти, то отбирают одну, а из нее 20 штук яиц для исследований.

При наличии коробок до 50, отбирают любые 3, а из них составляют объединенную пробу из 30 штук яиц. При увеличении числа транспортных упаковок увеличивается и объединенная проба: соответственно 51 - 100 коробок – 50 штук яиц; 101 - 500 – 75 штук яиц; 501 и более - 150 штук.

Кости. При отборе проб костей от туш животных на мясокомбинатах и в пунктах реализации продукции в выборку включают 10%

туш (полутуш, четвертин) крупного рогатого скота и 5% туш (полутуш) овец и свиней.

При транспортировании пищевых костей в ящиках (мешках) в выборку включают 10% транспортных единиц упаковок. Пробы отбирают из различных трех слоев каждой упаковки, вошедшей в выборку.

В качестве точечных проб служат передние ребра животных или шейные позвонки, которые наиболее достоверно характеризуют усредненную удельную активность всего скелета животного.

Для формирования объединенной пробы из точечных проб кости измельчают, тщательно перемешивают, после чего отбирают среднюю пробу массой не менее 1 кг.

Мед. Перед отбором проб натурального меда от каждой партии составляют выборку упаковочных единиц (табл. 4). От каждой упаковки отбирают точечные пробы.

Таблица 4 - Объем выборки меда

Количество упаковочных единиц в партии	Количество отбираемых упаковочных единиц	Количество упаковочных единиц в партии	Количество отбираемых упаковочных единиц
до 3	1	41 - 60	6
4 - 20	3	61 - 80	8
21 - 30	4	81 и более	10
31 - 40	5		

Образцы жидкого меда берут трубчатым алюминиевым пробоотборником диаметром 10 - 12 мм, погружая его на всю глубину упаковки; если мед плотный – шупом для масла из разных слоев. Закристаллизованный мед отбирают коническим шупом, погружая его в мед под наклоном. Из одной соторамки вырезают часть сота площадью 25 см².

Если сотовый мед кусковой, пробу отбирают в тех же размерах от каждой упаковки. После удаления восковых крышек образцы помещают на сетчатый фильтр с диаметром ячеек не более 1 мм, вложенный в стакан, и подогревают в термостате при температуре 40 - 45°C. Масса точечной пробы составляет 0,05 - 0,1 кг.

Все точечные пробы объединяют, перемешивают. Из объединенной пробы отбирают среднюю, массой не менее 1 кг. Закристаллизованный мед предварительно нагревают до температуры 40-45°C после чего отбирают среднюю пробу.

Отбор проб рыбы и рыбопродуктов. Пробы рыбы отбирают

из разных мест партии методом случайной выборки. В выборку включают 10% упаковок (бочки, ящики и другая транспортная тара).

Из разных мест каждой вскрытой упаковки продукта берут по три точечные пробы, из которых в дальнейшем формируют объединенную и среднюю пробы. Для контроля живой, свежей или охлажденной партии отбирают 1 - 2% рыбы по массе.

Разные виды рыб подлежат раздельному исследованию. Точечные пробы от мелких экземпляров рыб отбирают целыми тушками: шесть рыб при массе одного экземпляра от 0,1 до 0,5 кг; три рыбы при массе экземпляра от 0,5 до 1 кг. При массе одного экземпляра более 1 кг из трех рыб отбирают пробы около приголовка, средней и в предвостовой частей (с костями).

Масса объединенной пробы должна быть не менее 1 кг. Величина средней пробы - не менее 1 кг, а для дорогостоящей рыбы - 0,5 кг.

Рыбу очищают от механических загрязнений и чешуи, а мороженую рыбу предварительно размораживают. Среднюю пробу мелкой рыбы массой не более 0,1 кг используют для анализа без разделки; рыбу массой от 0,2 до 1,0 кг разделяют на филе; рыбу массой более 1,0 кг и мясо морских млекопитающих (после удаления шкуры и костей) разделяют на куски длиной не более 5 см или массой не более 0,2 кг.

Отбор проб сушеной и вяленой рыбы производят аналогичным способом.

Правила отбора, упаковки и транспортировки средних проб

Существуют определенные правила для транспортирования каждого вида продукции. Отобранные для исследования жидкие пробы (молоко, молочные продукты, вода и др.) помещают в сухую чистую стеклянную или полиэтиленовую посуду (банки с навинчивающимися пробками, бутылки, флаконы), которую герметически закрывают.

При необходимости скоропортящиеся пробы (молоко, молочные продукты и т. п.) консервируют 40%-ным раствором формалина (1 - 2 мл/л).

Пробы корнеплодов, клубнеплодов, овощей, фруктов, бахчевых культур и т.п. помещают в двустенные полиэтиленовые или бумажные мешки и завязывают.

Сыпучие пробы (мука, крупы, макаронные изделия и т.п.) помещают в мешки из плотного полиэтилена и завязывают.

Пробы с большим содержанием влаги (зелень, ягоды и др.) взвешивают непосредственно после отбора, упаковывают в мешки из плотного полиэтилена и завязывают.

Пробы мяса, субпродуктов, костей, рыбы, птицы и т. п. во избежание их порчи перед упаковкой завертывают в несколько слоев марли, смоченной 4-5%-ным раствором формалина, помещают в мешки из плотного полиэтилена и завязывают.

Стеклянную, полиэтиленовую посуду, мешки обертывают пергаментной бумагой, обвязывают шпагатом и опечатывают. Каждую пробу снабжают этикеткой, на которой указывают номер и название пробы, дату и место отбора, ее массу, мощность дозы гамма-излучения от партии и гамма-фон в помещении, где хранятся продукты; в случае высушивания указывают массу сырой (натуральной) и высушенной пробы.

Упакованные образцы проб размещают в специально приспособленном ящике, перекладывают бумагой или ватой таким образом, чтобы обеспечить целостность отправляемого материала. Ящик запечатывают.

На отобранные пробы составляют сопроводительный документ (акт отбора проб) в двух экземплярах. Один экземпляр акта и опись проб упаковывают вместе с пробами, направляемыми в радиологический отдел. Второй экземпляр акта остается на предприятии, в торговом учреждении, то есть там, где производился отбор проб.

В исследовательской лаборатории полученные пробы регистрируются в специальном журнале, форма которого должна соответствовать форме акта отбора проб.

Для списывания взятых продуктов в хозяйстве составляют акт выемки проб в 2-х экземплярах, один из которых остается у владельца сельскохозяйственной продукции, а второй - хранится в течение двух лет в радиологическом отделе.

В акте указывают:

1. Кем производится отбор проб (Ф.И.О., должность учреждения).
2. Кто присутствовал (Ф.И.О., должность, учреждение).
3. Дата и место отбора проб (район, хозяйство, отделение, ферма, населенный пункт, склад и др., почтовый адрес).
4. Уровень гамма – фона от отбираемой продукции и на местности.
5. Происхождение и масса партии продукции.
6. Опись отобранных проб и их масса.
7. Куда направляются пробы и цель их отбора.
8. Указать документ, согласно которому производится списание (Приказ Департамента сельского хозяйства и продовольствия Краснодарского края от 16.01.1996 г.).
9. Подписи.

После отбора проб их доставляют в радиологический отдел межобластной ветеринарной лаборатории «Краснодарская», где проводят их непосредственно радиометрирование и подготовку для радиологического исследования.

Подготовка проб для исследования

Прием, хранение и обработка доставленных в лабораторию проб проводится вне измерительной комнаты: в помещении с оборудованным столом, вытяжным шкафом и приспособлениями для мытья тары, посуды, а, при необходимости, самих доставленных присланных проб.

Поступившие в радиологический отдел пробы освобождают от общей тары и, не нарушая внутренней упаковки, одним из переносных приборов проверяют их загрязненность радионуклидами. В случае обнаружения повышенного уровня радиоактивности пробу, еще не раскрывая упаковки, ее помещают на отдельный эмалированный кювет и производят ее дальнейшую обработку отдельно от других проб с соблюдением мер предосторожности.

Доставленные в лабораторию пробы пищевых продуктов обрабатывают, как на первом этапе приготовления пищи. Корнеплоды, клубнеплоды промывают в проточной воде. С капусты удаляют дватри кроющих листа.

Пищевую зелень, ягоды и фрукты промывают проточной водой. Мясо, рыбу моют; с рыбы удаляют чешую и внутренности. С колбасных изделий снимают оболочку, с сыра - слой пленки или парафина. Подготовленные продукты измельчают с помощью мясорубки, терки, кофемолки и т.д. Пищевую зелень, траву, сено и т.д. измельчают ножом в эмалированной кювете.

После предварительной проверки поступившего материала на загрязненность сверяют соответствие проб и этикеток с имеющейся в акте отбора проб описью и заносят паспортные данные каждой пробы в журнал. Рекомендуется иметь два журнала: в один, который хранится в сейфе, заносят паспортные данные каждой пробы и результат законченного исследования, то есть удельную активность пробы. Во второй журнал, где вместо наименования пробы ставится номер, под которым она записана в первом журнале, фиксируют результаты всех этапов обработки и исследования пробы.

Предварительная обработка проб заключается в концентрировании содержащихся в них радиоактивных веществ. Методы, используемые для этой цели, различны, в зависимости от характера исследуемого материала.

Поступившие и зарегистрированные пробы распределяют по

видам исследования. Для определения суммарной β -активности не требуется большого количества золы, поэтому достаточно будет навески сырого материала в количестве 150 - 200 г, а зерна - 30 - 50 г. Шерсти достаточно 25 - 30 г; фекалий 30 - 50 г; мочи, молока, крови – по 100 - 150 мл. Если же предварительная проверка проб обнаружила в части из них повышенный уровень радиации, то такие пробы подлежат радиометрическому исследованию в «толстом» слое.

Для радиохимического анализа масса одной сырой пробы составляет от 2-х до 3-х кг. Кости берут в меньшем количестве: от 100 до 300 г на одну пробу. При определении йода-131 в молоке пользуются различными приемами: если определение проводится в зольном остатке, то на одну пробу расходуется 3 л молока, если же йод определяют в сыром, то есть свежем молоке, то минимальная порция молока должна составить 100 мл.

Пробы травы, мяса, рыбы, костей, овощей, корнеплодов измельчают, высушивают в сушильном шкафу при температуре 80 - 100°C. Воду, молоко и другие жидкие пробы выпаривают на плите или газовой горелке в фарфоровой чашке, постепенно добавляя в чашку отмеренный объем жидкости. В молоко перед выпариванием следует добавить немного уксусной (или другой) кислоты, что вызывает коагуляцию белка, уменьшает вспучивание при нагревании и, таким образом, предотвращает возможные потери.

Однако, выпаривание проб жидкостей рекомендуется производить при постоянном наблюдении. Заканчивать высушивание жидкой пробы лучше в сушильном шкафу при температуре 100°C.

Высушивание продолжают до установления постоянной массы сухого остатка. Контрольное взвешивание высушенной пробы надо производить в той же чашке (тигле), в которой проба высушивалась, после полного её охлаждения. Установившуюся постоянную массу пробы записывают, обугливают сухой остаток путем прокаливания на электроплитке под тягой и переносят чашку (тигель) с пробой в муфельную печь для озоления.

Озоление рекомендуется производить, накрывая пробу фарфоровой крышкой или другой выпарительной чашкой, постепенно, не слишком быстро повышая температуру.

Для исследования проб на суммарную бета-активность сжигание производят при температуре не выше 600°C, так как более высокая температура приводит к потере калия, излучение которого в основном определяет естественную радиоактивность. Кроме того, быстрый нагрев и высокие уровни температуры приводят к сплавлению ряда проб со стенками тигля и образованию нерастворимого, неотделяемого от посуды осадка (пробы мочи и некоторых корнеплодов).

Для анализа на стронций-90 озоление проводят при температуре 900 - 1000°С, так как он термостабилен. При озолении пробы для анализа на цезий температура не должна быть более 400°С, так как при более высоком ее значении происходит возгонка цезия с переходом в газообразное состояние. Такой процесс наблюдается, например, при горении природных торфяников, когда цезий входит в состав смога.

Продолжительность озоления различна и зависит от количества и вида органических соединений в пробе. Поэтому оно может длиться от 2 - 4 часов (сено, молоко) до 4-5 и более дней (кости, мясо, овощи). Критерием окончательного озоления является постоянная масса зольного остатка после двух-трех последовательных нагреваний. Взвешивание проводят после полного охлаждения пробы.

Охлаждение пробы можно проводить в муфельной печи, выключая печь в конце рабочего дня. Но лучше, если еще теплый, не полностью охлажденный тигель переносят в эксикатор, на дно которого, под решетчатым вкладышем, помещают поглотитель влаги (NaOH или др.). Этим приемом устраняется поглощение влаги из воздуха остывающей золой, которая обладает высокой гигроскопичностью и в лабораторных условиях быстро насыщается влагой, что может повлиять на точность дальнейших расчетов.

Внешним признаком полного озоления является белый и светло-серый цвет и постоянная масса золы. Однако при озолении в муфельной печи некоторые пробы при стабилизации своей массы

приобретают иную окраску: кровь – кирпично-красноватый оттенок, печень, шерсть – черный и темно-серый цвет.

Таблица 5 - Примерный выход золы из некоторых видов проб

Наименование пробы	Выход золы, %
1. Зеленые корма, пищевая зелень	2
2. Сено	4,25 - 5,00
3. Солома	5,0 - 7,0
4. Овощи	0,75 - 1,2
5. Корнеклубнеплоды	1,0 - 1,16
6. Зерно	3,0 - 4,0
7. Молоко	0,7 - 1,2
8. Мясо	1,0 - 1,5
9. Яйцо: желток	1,1 - 1,5
белок	0,6 - 0,8
скорлупа	0,7 - 10,0
10. Кости	35,0 - 50,0
11. Шерсть	7,0

Полученный зольный остаток взвешивают вместе с посудой, рассчитывают массу золы и определяют коэффициент зольности (M) как отношение массы золы (M_2) к массе взятой на анализ сырой, то есть натуральной, пробы (M_1). Массу золы и сырой пробы необходимо выражать в идентичных единицах измерения (г, кг).

$$M = \frac{M_2}{M_1}$$

Для жидкостей (молоко, вода, кровь, моча и др.) окончательный расчет удельной активности производят на единицу объема. Поэтому для них расчет коэффициента производят по следующей формуле:

$$M = \frac{M_2}{V}, \text{ где}$$

V - объем пробы, мл.

В пробах почвы, удельную активность которых рассчитывают на единицу площади (км^2), коэффициент зольности определяют так:

$$M = \frac{(M_2 \times 10^7)}{S}, \text{ где}$$

M_2 - масса золы от всей пробы, г;

S - площадь отбора проб, см^2 ;

10^7 - множитель для пересчета площади на км^2 .

Если пробу почвы не подвергают озолению, а лишь высушивают до постоянной массы, то для расчета удельной активности вводят коэффициент концентрации, который вычисляют по той же формуле, что и коэффициент озоления.

Количество помещаемой на подложку золы определяется задачами исследования, количеством имеющегося материала и свойствами измеряемого излучения.

Так, для определения активности α -излучателей целесообразно проводить измерение скорости счета от препарата в «тонком» слое,

принимая во внимание малый пробег альфа-частиц. В нем же исследуется и суммарная β -активность проб, имеющих малую концентрацию минеральных веществ (вода, аэрозоли) или низкую энергию излучения (менее 1 МэВ).

Хранение и удаление зольного остатка

Хранить золу, приготовленную для анализа или оставшуюся после радиометрии, следует в стеклянной посуде (банки, колбы, пробирки), плотно закрытой пробками, герметизированной менделеевской замазкой (парафином, пластилином).

Зольные остатки проб с отсутствием радиоактивных загрязнений удаляют как обычные отходы. Зола от проб с повышенным уровнем радиоактивности, что свидетельствует о наличии радионуклидов выше допустимых концентраций, отправляют, обеспечив надежную упаковку во время транспортировки, в специальное место захоронения отходов (Ростовская область, предприятие «Радон»).

Активность – это количественная мера радиоактивности вещества. Зависит от первоначального количества радиоактивного вещества, периода полураспада ($T_{1/2}$), постоянной распада (λ), то есть от процессов, происходящих в самом ядре. Поэтому **радиоактивность** определяется числом распадов радионуклидов в единицу времени (расп /с; расп / мин и т.д.).

ТЕМА 10. Режим питания и содержания животных при радиоактивном загрязнении среды

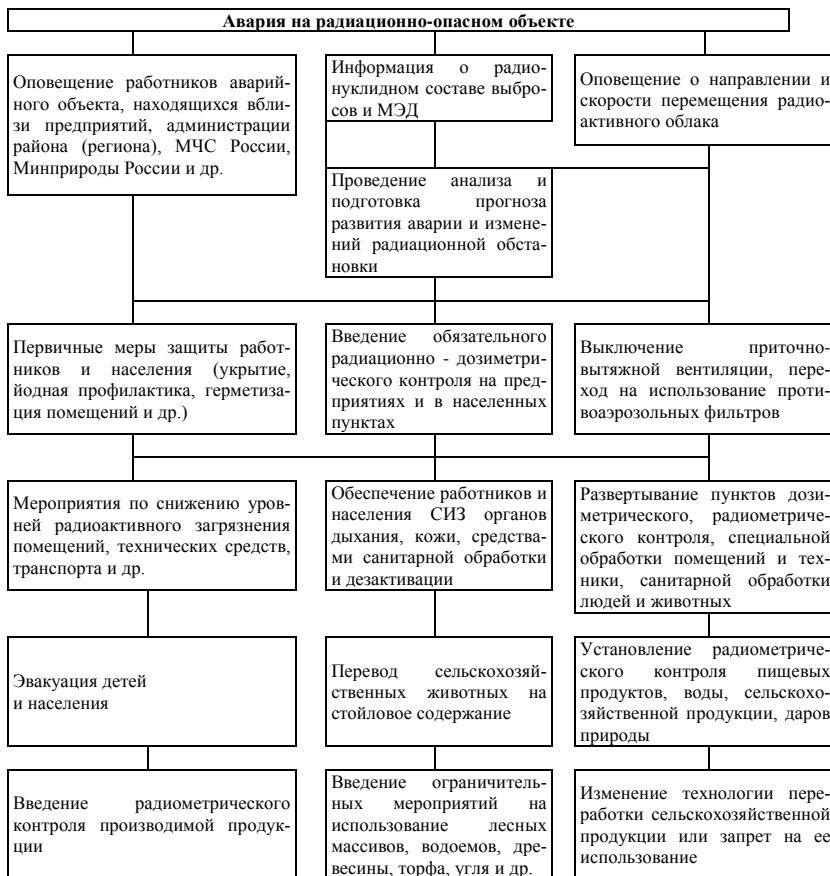
ЦЕЛЬ: Изучить организацию и ведение животноводства в условиях радиоактивного загрязнения. Способы дезактивации с.-х. продукции. Организация и ведение животноводства в условиях радиоактивного загрязнения. Использование кормов, кормовых угодий, животных и продукции животноводства, загрязненных радионуклидами. Влияние различных факторов на переход радионуклидов из рациона животных в продукцию животноводства. Формирование кормовой базы при свежих радиоактивных выпадениях. Организация и проведение мероприятий, направленных на снижение перехода радионуклидов в с.-х. растения и продукцию животноводства в условиях радиоактивного загрязнения среды.

Продукция животноводства, прежде всего молоко и мясо, может существенно влиять на дозу внутреннего облучения человека. Поэтому задача получения чистой продукции животноводства в хозяйствах за-

грязненных районов возможна только при условии обеспечения кормления животных кормами из окультуренных пастбищ и заготовки кормов на угодьях, находящихся на высокоплодородных минеральных почвах.

У высокопродуктивных животных коэффициент перехода радионуклидов из кормов в организм, как правило, ниже, чем у низкопродуктивных. Существенное влияние на величину коэффициента перехода оказывает сбалансированность рационов кормления животных по основным и, особенно, минеральным элементам питания.

Алгоритм действий в период радиационной аварии (по Ильину Л.А., Кириллову В.Ф., Коренкову И.П., 1996)



Введение обязательного радиометрического контроля эвакуируемого населения, домашних вещей и имущества, домашних и сельскохозяйственных животных	Введение обязательного радиометрического контроля всех вывозимых из ЗРА технических средств, имущества и др.	Определение мест временного складирования РАО, технических средств, материалов, домашнего имущества
---	--	---

Цезий-137 более интенсивно переходит из кормов в молоко и мясо по сравнению со стронцием-90.

Переход радионуклидов также определяется возрастом и физиологическим состоянием животных, уровнем их продуктивности и рядом других факторов.

При распределении сельскохозяйственных животных на загрязненных территориях следует учитывать, что наиболее чистое мясо производится в свиноводстве, затем следует производство говядины, а максимальное количество радионуклидов содержится в баранине. В свиноводстве животные находятся на стационарном содержании с использованием более чистых кормов (корнеплоды, зерно, концентраты). В условиях радиоактивного загрязнения важно знать и соблюдать некоторые ограничения и правила.

Регулярный **контроль уровня загрязнения** молочной продукции требуется в том случае, если для выпаса и откорма молочного скота используются лесные и полевые угодья на торфяно-болотных (и аналогичных им) почвах, где плотность загрязнения цезием-137 значительно выше.

Для **выпаса скота** частных хозяйств следует использовать луга и пастбища на щелочных землях, для которых характерна минимальная плотность загрязнения цезием-137. Начинать выпас на пастбищах нужно при высоте травостоя не ниже 10 см. При этом надежным приемом **снижения содержания** стронция-90 в молоке является добавление в ежедневный рацион коровы минеральной подкормки, богатой солями кальция. Это может быть мел, молотый известняк, трикальцийфосфат, костная мука или костная зола. Добавление этих компонентов в рацион коров в количестве 50 - 80 г в сутки снижает поступление в организм стронция-90.

Содержание коз. В последние годы возрастает поголовье коз, особенно в личных подсобных хозяйствах. Эти животные любят потреблять корм, богатый клетчаткой. Хозяева зачастую используют для выпаса коз небольшие пастбища вдоль дорог, канав, лесозащитных полос, где загрязненность радионуклидами выше. Поэтому необходимо учитывать, что коэффициент перехода цезия-137 и стронция-90 в козье молоко существенно выше, чем в коровье.

Содержание свиней. В условиях невозможности кормления

свиной чистыми продуктами, необходимо откармливать их для получения сала, а не мяса. Переход радионуклидов в сало значительно ниже, чем в мясо. При этом надо учитывать, что на загрязненность свинины значительно влияет кормление зелеными «грязными» кормами и невымытыми корнеплодами, а также сывороткой и молоком, содержащими радионуклиды.

Содержание птицы. Содержание всех видов птицы ничем не ограничивается. Если же предусмотрен убой птицы, то за 1 - 1,5 месяца до этого ее переводят на откорм незагрязненными кормами или же кормами, заготовленными на участках с низким уровнем загрязнения. Вволю подкармливают кур молотым известняком, мелом и ракушками. После этого мясо можно использовать без ограничений. Что же касается перьев и пуха, то их нужно промыть с применением синтетических моющих средств. Чтобы получить экологически чистые яйца, птицу лучше всего содержать на выгульных подворьях.

После убоя свиней, овец, коз, крупного рогатого скота, птицы, выращенных на не контролируемых пастбищах, полученное мясо и мясопродукты можно использовать в пищу после **обязательного радиологического контроля**.

Получение продукции с содержанием радионуклидов в пределах допустимых уровней является главной задачей ведения сельскохозяйственного производства на загрязненных землях. С этой целью разрабатывается и применяется комплекс специальных защитных мероприятий, позволяющих снизить концентрацию радионуклидов в сельскохозяйственной продукции.

С целью получения мяса, отвечающего допустимым уровням загрязнения радионуклидами продуктов питания, используется определенная схема выращивания и откорма молодняка крупного рогатого скота. Так, на первой стадии откорма возможно выращивание молодняка на травянистых и грубых кормах с повышенным содержанием радионуклидов. В последующем должен производиться заключительный откорм, который включает содержание животных в течение 2-3 месяцев перед убоем на «чистых» или с низким содержанием радионуклидов кормах (кукурузный силос или зеленая масса кукурузы и концентраты). За это время мышцы и органы «очищаются» от цезия-137 в 10 и более раз. Полученное от таких животных мясо будет соответствовать самым жестким нормам радиационной безопасности.

К числу наиболее распространенных добавок, внесение которых приводит к снижению радионуклидов в организме, относятся жизненно важные для животных макро- и микроэлементы, являющиеся химическими аналогами стронция и цезия, такие как кальций и калий. Они ограничивают поступления радионуклидов в молоко и мясо.

Снижению накопления животными цезия-137 и его выведению из организма помогают специальные кормовые добавки. Самым эффективным среди препаратов-сорбентов является *ферроцин*, 3 - 5 г которого необходимо ежедневно добавлять в рацион. Он не проникает через стенки желудка и полностью выводится из организма с продуктами обмена, в результате чего получают чистое молоко и мясо. Хорошо зарекомендовало себя при дезактивации молока и мяса крупного рогатого скота применение специальных пилюль (болюсов).

При содержании в суточном рационе до 40 кБк Cs-137 используют добавку ферроцианида калия совместно с комбикормами в течение 40 суток в дозах от 1 до 6 г на голову, что позволяет в 4,5 - 6,8 раз снизить концентрацию Cs-137 в мышечной ткани животных при откорме на мясо. Этому же способствует введение в рацион *цеолитов*, особенно модифицированного цеолита, используемого с концентрированными кормами.

Для получения сельскохозяйственной продукции с допустимым содержанием радионуклидов и обеспечения радиационной безопасности работающих разработаны *организационные, агротехнические, агрохимические, технологические и санитарно-гигиенические* приемы и мероприятия.

Организационные мероприятия предусматривают:

- инвентаризацию угодий по уровню их загрязненности радионуклидами и составление карт;
- прогноз содержания радионуклидов в урожае и продукции животноводства;
- инвентаризацию угодий в соответствии с результатами прогноза и определение площадей, где возможно выращивание культур для различного использования: а) на продовольственные цели; б) для производства кормов; в) для получения семенного материала; г) на техническую переработку.
- исключение угодий из хозяйственного использования или перевод выведенных из землепользования в хозяйственное использование;
- изменение структуры посевных площадей и севооборотов;
- перепрофилирование отраслей животноводства;
- организацию радиационного контроля продукции;
- оценку эффективности мероприятий и уровня загрязнения урожая после их проведения.

Агротехнические мероприятия:

- увеличение доли площадей под культуры с низким уровнем накопления радионуклидов;
- коренное и поверхностное улучшение сенокосов и пастбищ,

включающее посев травосмесей с минимальным накоплением радионуклидов, фрезерование и глубокую вспашку с оборотом пласта верхнего слоя на естественных кормовых угодьях, гидромелиорацию, предотвращение вторичного загрязнения почв за счет комплекса противозерозионных мероприятий;

- применение средств защиты растений.

Агрохимические мероприятия предусматривают оптимизацию физико-химических свойств почв посредством:

- известкования почв;

- внесения органических удобрений;

- внесения повышенных доз фосфорных и калийных удобрений;

- оптимизации азотного питания растений на основе почвенно-растительной диагностики;

- внесения микроудобрений.

Технологические приемы включают:

- промывку и первичную очистку убранный плодоовощной и технической продукции;

- переработку полученной продукции с целью снижения в ней концентрации радионуклидов;

- разведение (разбавление) продукции или сырья до ПДК радионуклидов.

ТЕМА 11. Прогнозирование и нормирование поступления радионуклидов в организм животных и продукцию животноводства

Нормирование поступления радионуклидов в корма, организм и продукцию с.-х. животных. Предельно допустимые концентрации (ПДК) или уровни (ПДУ) радионуклидов в кормах для продуктивных животных, в продукции и сырье животного и растительного происхождения. ПДУ загрязнения радиоактивными веществами кожных покровов животных, поверхностей рабочих помещений и транспортных средств.

Прогноз радионуклидной загрязненности сельскохозяйственной продукции лежит в основе выбора стратегии ведения производства и базируется на следующих показателях:

- 1) радиологической оценке загрязненности угодий, кормов и других объектов ветеринарного надзора;

- 2) определении предела допустимого поступления радионуклидов с кормами в организм животных;

- 3) выборе оптимальных режимов кормления и содержания животных;

- 4) определении оптимального возраста использования животных;
- 5) учете эффективности мер, направленных на снижении загрязненности продукции радионуклидами;
- 6) учете эффективности технологической переработки.

Точность прогноза зависит от вида выпадений, климатических особенностей, природно-ландшафтных характеристик и т.д.

Предельно допустимая концентрация радионуклида (ПДК) - это его максимально возможное количество в единице объема (воздуха, воды или др. жидкостей) или массы (например, корма), которое при ежедневном воздействии в течение неограниченно продолжительного времени не вызывает в организме каких-либо патологических отклонений, а также неблагоприятных наследственных изменений у потомства.

Для установления ПДК используют расчетные методы, результаты биологических экспериментов, а также материалы динамических наблюдений за состоянием здоровья животных, подвергшихся воздействию вредных веществ. Уровни ПДК одного и того же радионуклида различны для разных объектов внешней среды.

Между допустимыми ПДК радиоактивных веществ для различных видов сельскохозяйственных животных и санитарными нормами их содержания в продукции животноводства, позволяющими потребление людьми, отмечаются большие различия. Установлено, что однократное поступление с кормом йода-131 в дозах 5 - 6 мкКи / кг живой массы за период наблюдения не вызвало изменений со стороны систем терморегуляции, кровообращения, дыхания, пищеварения и крови. Однако в течение почти трех недель после загрязнения молоко, получаемое от этих коров, было непригодно в пищу, так как содержание в нем йода-131 в 3 раза превышает ПДК.

Мясо и субпродукты коров, убитых на 23-й день после поражения, нельзя было употреблять в пищу, так как уровень йода-131 в них превосходил ПДК изотопа для человека в мышцах почти в 2 раза, в печени - около 9 раз, а в молочной железе - в 11 раз.

В опытах с однократным (до 1 мкКи) и длительным (до 5 мкКи за 854 дня) введением стронция-90 взрослым овцам не обнаружено изменений в организме животных или их потомства.

Опыты на овцах показали, что каких-либо существенных изменений в состоянии животных не происходило при алиментарном поступлении в их организм цезия-137 в количестве до 2 мкКи однократно в течение 10 или 100 дней при длительном (трехлетнем) наблюдении. Потомство животных, рожденное и выкормленное зараженными матками, развивалось нормально от помета к помету. Вместе с тем молоко, мясо и субпродукты, получаемые от зараженных взрослых овец, по концентрации в них стронция-90 и цезия-137 довольно долго

не удовлетворяли радиационно-гигиеническим требованиям и не подлежали использованию.

Из этого следует, что при загрязнении пастбищ или кормов радиоактивные вещества накапливаются в молоке и мясе в опасном для человека количестве значительно раньше, чем начнут проявляться клинические признаки лучевой болезни и проявится снижение продуктивности животных. Поэтому в данном случае основное внимание должно быть уделено прогнозированию и установлению уровня радиоактивной загрязненности продукции животноводства, получаемой от животных, подвергшихся воздействию радиоактивных веществ.

При установлении норм ПДК радиоактивных веществ в кормах исходят из того, чтобы их уровни накопления в продукции животноводства не превышали допустимого уровня радиоактивных изотопов, поступающих в организм человека за определенный промежуток времени в соответствии с действующими санитарными правилами.

В литературе приведены и доведены до практических работников ветеринарной службы ПДУ поступления основных радионуклидов в организм животных с целью получения нормативно чистой продукции.

В основу расчетов ПДУ радиоизотопов в кормах положено количество радиоактивных веществ, поступление которых возможно с суточным рационом. Оценка предельно допустимого уровня стронция-90 в фураже для животных мясного направления проводилась двумя методами: 1) путем сравнения отношения стронция к кальцию в мясе и такого же отношения в кормах; 2) по кратности накопления стронция-90 в организме животных при его длительном поступлении с кормами.

При коэффициенте дискриминации стронция по кальцию в звене «корм - организм», равном 0,14, взрослым животным можно скармливать корма, содержащие в 40 - 50 раз больше стронция с учетом нормы ПДК этого элемента для человека.

При расчете по модели кратности накопления, принятой для взрослых животных не более 25, для получения мяса, содержащего допустимую концентрацию стронция-90, его уровень в рационе взрослых овец, свиней и коров не должен превышать соответственно в 6, 4 и 25 раз.

Необходимо особенно строго контролировать и четко нормировать ПДУ стронция-90 в рационе при откорме молодняка, так как у растущих животных кратность накопления стронция в скелете значительно выше, чем у взрослых. Поэтому он не должен превышать у телят - 74, ягнят - 35 и у поросят - 10 нКи. Таким образом, для получения мяса от молодняка, удовлетворяющего радиационно-гигиеническим нормам, уровень радиоактивной загрязненности суточного рациона стронцием-90 для поросят и телят не должен превышать соответственно 12,3 и 7,5 нКи.

Авторы рекомендуют пользоваться следующими значениями предельно допустимых уровней стронция-90 в кормах: для молочных коров - от 1,9 до 2,4 нКи / г кальция или 190 - 240 нКи / рацион; для взрослых животных, используемых на мясо, соответственно 0,34 - 2,0 нКи / г кальция; для находящегося на откорме молодняка - 0,5 - 0,7 нКи / г кальция.

Аналогично были рассчитаны допустимые пределы радиоактивности цезия-137 в рационах продуктивных животных: поступление в организм цезия с суточным рационом не должно превышать 20 нКи или 6,7 нКи / г калия.

Известно, что в 1 кг мяса в среднем содержится 4 г калия, следовательно, допустимый уровень цезия-137 в этом продукте составит около 27 нКи /кг. Поскольку в 1 кг мяса накапливается до 10% суточного поступления цезия с кормом, то суточная радиоактивность кормов может составлять до 270 нКи.

В 1 л молока в среднем содержится 1,5 г калия, поэтому допустимый уровень цезия не должен превышать 10 нКи / л. Если с 1 л коровьего молока выделяется около 1% поступившего с кормом цезия-137, то допустимый уровень этого радиоизотопа в суточном рационе составит 1 мКи.

На основании экспериментальных данных подобные расчеты, сделанные для овец и коз, показывают, что для получения кондиционного мяса допустимый уровень цезия-137 в суточном рационе не должен превышать 0,15 мКи или 0,1 мКи / кг сена, а для получения кондиционного молока, удовлетворяющего радиационно-гигиеническим требованиям, соответственно 175 нКи для овец и 525 нКи для коз.

Поскольку все указанные выше ПДУ стронция-90 и цезия-137 в кормах продуктивных животных исходят из предпосылок реального поступления этих радиоизотопов в организм человека, в будущем любое изменение санитарных норм поступления радионуклидов людям должно повлечь за собой пересмотр ПДК радиоактивных веществ в кормах.

ГЛОССАРИЙ

Авария - нарушение эксплуатации ядерной установки (например, атомной станции), при котором произошел выход радиоактивных материалов и/или ионизирующих излучений за границы, предусмотренные проектом для нормальной эксплуатации, в количествах, приводящих к значительному облучению персонала, населения и окружающей среды.

Авария в пределах АЭС - событие на АЭС, при котором про-

изошло нарушение барьеров безопасности с частичным повреждением активной зоны реактора и выходом радиации, приводящем к переоблучению части персонала АЭС; при этом облучение населения выше установленных санитарных норм не происходит. Однако требуется контроль продуктов питания населения. По международной шкале такая авария классифицируется 4-м уровнем.

Авария радиационная - потеря управления источником ионизирующего излучения, вызванная неисправностью оборудования, неправильными действиями работников (персонала), стихийными бедствиями или иными причинами, которые могли привести или привели к облучению людей выше установленных норм и/или радиоактивному загрязнению окружающей среды.

Авария с риском для окружающей среды - событие на АЭС, при котором произошло нарушения барьеров безопасности и выброс в окружающую среду продуктов деления и которое привело к незначительному превышению дозовых пределов для проектных аварий, радиологически эквивалентных выбросу порядка сотни ТБк I^{131} и разрушению большей части активной зоны. По международной шкале авария классифицируется 5-м уровнем.

Активность - число самопроизвольных ядерных распадов в данном количестве радиоактивного материала за единицу времени. Измеряется в беккерелях (Бк) или кюри (Ки).

Актиноиды - общее название элементов с атомными номерами от 89 до 103. Первые четыре элемента в этом ряду (актиний, торий, протактиний и уран) встречаются в природе. Другие, так называемые трансурановые элементы, могут быть получены в результате ядерных реакций. Все изотопы этих элементов радиоактивны.

Альфа-излучение - вид ионизирующего излучения - поток положительно заряженных альфа частиц, испускаемых при радиоактивном распаде и ядерных реакциях. Проникающая способность альфа-излучения невелика (задерживается листом бумаги). Чрезвычайно опасно попадание источников альфа-излучения внутрь организма с пищей, воздухом или через повреждения кожи.

Альфа-частица - ядро атома гелия-4, испускаемое при альфа-распаде радиоактивных ядер или в результате ядерных реакций.

Аннигиляция - взаимодействие элементарной частицы и античастицы, в результате которого они исчезают, а их энергия превращается в электромагнитное излучение.

Атом - наименьшая частица химического элемента, сохраняющая его свойства. Состоит из ядра с протонами и нейтронами и электронов, движущихся вокруг ядра. Число электронов в атоме равно числу протонов в ядре.

Атомная единица - единица, используемая для выражения масс атомов, молекул и элементарных частиц и равная 1/12 массы нуклида углерод-12.

Атомная масса - масса атома химического элемента, выраженная в атомных единицах массы (а.е.м.). За 1 а.е.м. принята 1/12 часть массы изотопа углерода-12. Она равна $1,66 \times 10^{-27}$ кг. Атомная масса складывается из масс всех протонов и нейтронов в данном атоме.

Атомная энергетика - отрасль энергетики, использующая ядерную энергию для целей электрификации и теплофикации. Как область науки и техники, разрабатывает методы и средства преобразования ядерной энергии в электрическую и тепловую.

Атомное ядро - положительно заряженная центральная часть атома, вокруг которой вращаются электроны и в которой сосредоточена практически вся масса атома. Состоит из протонов и нейтронов. Заряд ядра определяется суммарным зарядом протонов в ядре и соответствует атомному номеру химического элемента в периодической системе элементов.

Атомный номер - номер химического элемента в периодической системе элементов; равен числу протонов в атомном ядре.

Аэрозоль радиоактивный - взвешенные в воздухе в виде тумана или дыма мельчайшие твёрдые или жидкие частицы, обладающие радиоактивностью; образуются в атмосфере при поступлении радиоактивных изотопов и осаждении их продуктов распада на частицах обычной пыли.

Беккерель - единица активности нуклида в радиоактивном источнике, равная активности нуклида, при которой за 1 с происходит один распад.

Бета-излучение - электронное и позитронное ионизирующее излучение с непрерывным энергетическим спектром, испускаемое при ядерных превращениях.

Бета-источник - радиоактивное ядро, распадающееся с испусканием бета-излучения; устройство, создающее бета-излучение.

Бета-радиоактивность - радиоактивность, обусловленная испусканием бета-излучения.

Бета-распад - самопроизвольные превращения нейтрона в протон и протона в нейтрон внутри атомного ядра, а также превращение свободного нейтрона в протон, сопровождающееся испусканием электрона или позитрона и нейтрино или антинейтрино.

Бета-частица - электроны или позитроны, испускаемые атомными ядрами или свободными нейтронами при их бета-распаде.

Быстрые нейтроны - нейтроны, кинетическая энергия которых выше некоторой определенной величины, чаще всего равной 0,1 МэВ.

Бэр - внесистемная единица эквивалентной дозы. $1\text{бэр} = 0,01\text{Зв}$.

Внешнее облучение - облучение организма от находящихся вне него источников ионизирующего излучения.

Внутреннее облучение - облучение организма от находящихся или попавших внутрь источников ионизирующего излучения.

Выпадение радиоактивное - осаждение радиоактивных веществ, находившихся в воздухе, на поверхность земли.

Высокообогащенный уран - уран с содержанием изотопа урана-235 по массе равным или более 20%.

Гамма-излучение - вид электромагнитного ионизирующего излучения, испускаемого при радиоактивном распаде и ядерных реакциях, распространяющегося со скоростью света и обладающего большой энергией и проникающей способностью. Эффективно ослабляется при взаимодействии с тяжелыми элементами, например, свинцом.

Гамма-источник - радиоактивное ядро, распадающееся с испусканием гамма-излучения; устройство, создающее гамма-излучение.

Генетика радиационная - раздел генетики, изучающий влияние ионизирующего излучения на изменение наследственных свойств растительных и животных организмов.

Генетические последствия излучения - нежелательные радиационные последствия воздействия ионизирующих излучений на живой организм, связанные с изменением его наследственных свойств и проявляющиеся у потомства облученного организма.

Глобальная авария - событие на АЭС, при котором произошло разрушение всех барьеров безопасности с полным повреждением активной зоны, выбросом в окружающую среду большей части радиоактивных продуктов, накопленных в активной зоне реактора, на территорию АЭС и значительную территорию вокруг нее. Возможны острые лучевые поражения, длительное воздействие на окружающую среду и здоровье населения. По международной шкале классифицируется 7-м уровнем.

Грей - единица поглощенной дозы в системе единиц СИ. $1\text{Гр} = 1\text{Дж/кг} = 100\text{рад}$.

Группы критических органов - органы, отнесенные к I, II или III группам в порядке убывания радиочувствительности, для которых устанавливают разные значения основного дозового предела. В группу I критических органов включены все тело, гонады, красный костный мозг, в группу II - мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, печень, почки, селезенка, желудочно-кишечный тракт, легкие, хрусталики глаз и другие органы, не относящиеся к группам I и II, в III группу - кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, голени и стопы.

Дезактивация - удаление радиоактивных загрязнений с техники, вооружения, зданий, почвы, одежды, продовольствия, из воды и других зараженных объектов. Одно из мероприятий по ликвидации последствий применения ядерного оружия, аварий ядерных реакторов и др.

Дейтерий – «тяжелый» изотоп водорода с атомной массой, равной 2.

Делящийся нуклид - нуклид, способный претерпеть ядерное деление в результате взаимодействия с медленными нейтронами. Существуют три наиболее важных делящихся нуклида, представляющих интерес в ядерной энергетике. Один из них существует в природе (уран-235), а два других являются искусственными (уран-233 и плутоний-239).

Детектор ионизирующего излучения - чувствительный элемент средства измерений, предназначенный для регистрации ионизирующего излучения. Его действие основано на явлениях, возникающих при прохождении излучения через вещество.

Доза излучения - в радиационной безопасности - мера воздействия ионизирующего излучения на биологический объект, в частности человека. Различают экспозиционную, поглощенную, интегральную и эквивалентную дозы.

Дозиметр - прибор для измерения поглощенной дозы или мощности дозы ионизирующего излучения.

Дозиметрия - область прикладной ядерной физики, в которой изучают физические величины, характеризующие действие ионизирующего излучения на различные объекты.

Дозовая нагрузка - сумма индивидуальных доз излучения персонала, полученных или планируемых при выполнении работ по эксплуатации, обслуживанию, ремонту, замене или демонтажу оборудования ядерной установки, например, атомной станции.

Допустимая концентрация - допустимый уровень объемной активности радионуклида в воздухе, воде.

Допустимое радиоактивное загрязнение поверхности - устанавливается на уровне, не допускающем внешнего и внутреннего облучения людей за счет радиоактивного загрязнения выше предельно допустимой дозы или предельной дозы.

Допустимое содержание - допустимый уровень содержания радионуклида в организме человека.

Допустимый выброс (радиоактивных веществ) - установленное для ядерной установки (например, атомной станции) значение активности радионуклидов, удаляемых за календарный год в атмосферный воздух через систему вентиляции.

Допустимый сброс (радиоактивных веществ) - установленное

для ядерной установки (например, атомной станции) значение активности радионуклидов, поступающих во внешнюю среду со сточными водами.

Допустимый уровень - норматив для поступления радионуклидов в организм человека за календарный год.

Дочерний продукт - любой нуклид, образующийся из данного радионуклида в цепочке распадов.

Единицы радиоактивности - единицы, применяемые для измерения радиоактивности или количества радиоактивного вещества.

Единицы радиологические - единицы, употребляющиеся для оценки радиоактивного распада и взаимодействия ионизирующего излучения с веществом.

Естественный радиационный фон - ионизирующее излучение, создаваемое космическим излучением и излучением естественно распределенных природных радионуклидов (на поверхности Земли, в воздухе, продуктах питания, воде, организме человека и др.).

Загрязнение радиоактивное - наличие или распространение радиоактивных веществ в окружающей среде, на поверхности материалов, оборудования и пр. в количествах, превышающих величины, установленные действующими нормами и правилами радиационной безопасности.

Загрязнение радиоактивное допустимое - радиоактивное загрязнение, не вызывающее внешнего и внутреннего облучения людей выше предельно допустимой дозы или предела дозы, а также не допускающее большой разнос радиоактивных веществ.

Закрытый источник - источник ионизирующего излучения, устройство которого исключает поступление содержащихся в нем радионуклидов в окружающую среду в условиях применения и износа, на которые он рассчитан.

Замкнутый ядерный топливный цикл - ядерный топливный цикл, в котором отработавшее ядерное топливо, выгруженное из реактора, перерабатывается для извлечения урана и плутония для повторного получения ядерного топлива.

Захоронение радиоактивных отходов - безопасное размещение радиоактивных отходов в хранилищах или каких-либо определенных местах, исключающее изъятие отходов и возможность выхода радиоактивных веществ в окружающую среду.

Зиверт - в системе единиц СИ - единица эквивалентной дозы. $1 \text{ Зв} = 1 \text{ Дж/кг} = 100 \text{ бэр}$.

Зона наблюдения - территория, где возможно влияние радиоактивных сбросов и выбросов АС или предприятий атомной промыш-

ленности и где облучение проживающего населения может достигать установленного предела дозы. В зоне наблюдения проводится радиационный контроль.

Изобары - нуклиды с одинаковой атомной массой и числом нуклонов, но разным количеством протонов и нейтронов.

Изотопы - нуклиды, имеющие одинаковый атомный номер, но различные атомные массы (например, уран-235 и уран-238).

Индивидуальная доза излучения - эквивалентная доза излучения отдельного индивидуума.

ИНЕС - международная шкала ядерных событий (INES). Была введена с целью облегчить передачу сообщений о ядерных событиях специалистам атомной промышленности, средствам массовой информации и общественности. Шкала охватывает уровни от нулевого (события, не существенного для безопасности) до седьмого (крупная авария).

Ион - заряженный атом, образующийся при потере или присоединении электронов. Ионы, соответственно, могут быть положительными (при потере электронов) и отрицательными (при присоединении электронов).

Ионизационная камера - камера, в которой в пространстве между двумя электродами создается электрическое поле. Камера подвергается воздействию потока ионизирующих излучений и образует ток, пропорциональный интенсивности облучения.

Ионизация - образование положительных и отрицательных ионов из электрически нейтральных атомов и молекул.

Ионизирующее излучение - излучение, взаимодействие которого со средой приводит к ионизации и возбуждению ее атомов и молекул. Ионизирующим излучением является гамма-излучение, рентгеновское излучение, пучки электронов и позитронов, протонов, нейтронов и альфа-частиц. Энергию частиц ионизирующего излучения измеряют во внесистемных единицах - электрон-вольтах (эВ). $1 \text{ эВ} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ Дж}$.

Источник ионизирующего излучения - объект, содержащий радиоактивный материал или техническое устройство, испускающее или способное в определенных условиях испускать ионизирующее излучение.

Категории облучаемых лиц - условно выделяемые, исходя из условий контакта с источниками ионизирующих излучений, группы облучаемых лиц.

Коллективная доза излучения - сумма индивидуальных доз излучения различных категорий облучаемых лиц за определенный промежуток времени. Измеряется в человеко-зивертах (чел-Зв).

Контроль радиационный - получение информации о радиаци-

онной обстановке в организации, в окружающей среде и об уровнях облучения людей (включает в себя дозиметрический и радиометрический контроль).

Концепция беспороговой дозы - концепция, принятая на основе гипотезы о том, что не существует таких значений доз излучений, при которых полностью отсутствуют неблагоприятные последствия для человека. То есть предполагается линейная зависимость биологического эффекта от дозы при любом ее значении, в том числе и сверхмалом.

Космическое излучение - фоновое ионизирующее излучение, которое состоит из первичного излучения, поступающего из космического пространства, и вторичного излучения, возникающего в результате взаимодействия первичного излучения с атмосферой.

Коэффициент качества излучения – см. коэффициент относительной биологической эффективности излучения.

Коэффициент относительной биологической эффективности излучения - коэффициент (Q) для учета биологической эффективности разных видов ионизирующего излучения в определении эквивалентной дозы. Для получения эквивалентной дозы поглощенная доза рассматриваемого излучения должна быть умножена на коэффициент качества. Для рентгеновского, бета- и гамма-излучения коэффициент $Q=1$, нейтронного излучения (быстрые нейтроны) $Q=10-15$, а для альфа-излучения $Q=10-20$.

Критическая группа - совокупность лиц, которые по роду занятий, условиям жизни, возрасту или другим факторам подвергаются наибольшему радиационному воздействию среди данной группы людей.

Критическая масса - наименьшая масса радионуклида, в которой может протекать самоподдерживающаяся цепная реакция деления ядер.

Критический орган - орган или ткань, часть тела, облучение которых в данных условиях может причинить наибольший ущерб здоровью облученного лица или его потомства. Различают три группы критических органов.

Кюри - внесистемная единица активности, первоначально выражала активность 1 г изотопа радия-226. $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$.

Лучевая болезнь - общее заболевание со специфическими симптомами, развивающееся вследствие лучевого поражения. В зависимости от суммарной дозы излучения и времени воздействия ионизирующего излучения различают острую и хроническую формы лучевой болезни.

Лучевая стерилизация - уничтожение способности животных и человека к воспроизведению потомства в результате действия иони-

зирующего излучения; уничтожение микроорганизмов под действием излучения с целью обеззараживания пищевых продуктов, перевязочного материала и хирургических инструментов, питательных сред для биологических исследований, питьевой воды и т.д.

Лучевое поражение - патологические изменения крови, тканей, органов и их функций, обусловленные воздействием ионизирующего излучения.

Медленные нейтроны - см. Тепловые нейтроны.

Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) - ведущая международная организация по сотрудничеству в мирном использовании энергии и по контролю за нераспространением ядерного оружия; она оказывает техническую помощь развивающимся странам в развитии работ по использованию атомной энергии в мирных целях, в производстве электроэнергии, в медицине, в сельском хозяйстве, промышленности и других областях.

Метаболизм радиоактивного вещества - участие радиоактивного вещества в обменных процессах организма.

Мощность эквивалентной дозы - отношение приращения дозы за интервал времени к этому интервалу. Единицами мощности эквивалентной дозы являются зиверт в секунду (Зв/с) и бэр в секунду (бэр/с).

Наведенная радиоактивность - радиоактивность, возникающая в материалах в результате облучения.

Нейтрино - электрически нейтральная стабильная частица со спином $\frac{1}{2}$ и массой покоя много меньше массы электрона; участвует только в слабых и в гравитационных воздействиях.

Нейтрон - электрически нейтральная элементарная частица, относящаяся к классу адронов и к группе барионов; вместе с протонами входит в состав всех атомных ядер.

Нейтроны быстрые - нейтроны, кинетическая энергия которых выше некоторого определённого значения, зависящего от области применения; в физике реакторов это значение равно 0,1 МэВ.

Нейтроны сверхбыстрые - нейтроны с энергией более 20 МэВ.

Нейтроны тепловые - нейтроны, находящиеся в состоянии теплового равновесия со средой, в которой они находятся.

Нейтроны холодные - нейтроны, кинетическая энергия которых равна нескольким миллиэлектронвольтам (мэВ) или меньше.

Нептуний - химический элемент III группы периодической системы; первый из искусственно полученных (1940 г.) радиоактивных элементов семейства актиноидов; атомный номер 93, массовое число наиболее распространённого изотопа 237.

Нуклид - вид атома с определенным числом протонов и нейтронов в ядре, характеризующийся атомной массой и атомным (порядковым) номером.

Обедненный уран - уран, в котором содержание изотопа урана-235 ниже, чем в природном уране (например, уран в отработавшем топливе реакторов, работающих на природном уране).

Облако радиоактивное - облако, сформированное из радиоактивных частиц аэрозолей, подхваченных ветром; при перемещении облако постоянно размывается в зависимости от погоды, скорости ветра и т.д.; его поведение зависит от высоты, природы и количества выброса радиоактивности, атмосферных условий и скорости ветра.

Облучение - процесс взаимодействия ионизирующего излучения со средой (в том числе с организмом человека).

Облучение природное (естественное) - облучение, которое обусловлено природными источниками излучения.

Облучение техногенное (производственное) - облучение работников от всех техногенных и природных источников ионизирующего излучения в процессе производственной деятельности.

Опасность радиационная - опасность, которая существует в той или иной области пространства, где имеется фон излучения, отличное от того фона, которое считается естественным радиационным фоном.

Оружие ядерное - оружие взрывного действия, основанное на использовании ядерной энергии, освобождающейся при цепной реакции деления тяжелых ядер или термоядерной реакции синтеза легких ядер.

Осколки деления - ядра, образующиеся при ядерном делении и обладающие кинетической энергией, полученной при этом делении.

Основной дозовый предел - основная регламентируемая «Нормами радиационной безопасности» величина - предельно допустимая доза (ПДД) или предел дозы (ПД).

Острая лучевая болезнь - лучевая болезнь, развивающаяся после острого облучения (для человека - в дозах, превышающих 1 Гр).

Острое облучение - однократное кратковременное облучение биологического объекта, сопровождающееся получением им дозы излучения, вызывающей неблагоприятные изменения его состояния.

Открытый источник - источник ионизирующего излучения, при использовании которого возможно поступление содержащихся в нем радиоактивных веществ в окружающую среду.

Отходы радиоактивные - изделия, материалы, вещества и биологические объекты, загрязненные радиоактивными веществами в количествах, превышающих значение установленных норм, и не подлежащие дальнейшему использованию.

Переработка отработавшего ядерного топлива - комплекс химико-технологических процессов, предназначенный для удаления продуктов деления из отработавшего ядерного топлива и регенерации делящегося материала для повторного использования.

Переработка радиоактивных отходов - технологические операции, направленные на изменение агрегатного состояния и (или) физико-химических свойств радиоактивных отходов и осуществляемые для перевода их в формы, приемлемые для транспортирования, хранения и (или) захоронения.

Период полураспада радионуклида - время, в течение которого число ядер данного радионуклида в результате самопроизвольного распада уменьшается вдвое.

Периодическая система элементов - классификация химических элементов, графическое выражение периодического закона Д.И. Менделеева, устанавливающего периодическое изменение свойств химических элементов при увеличении зарядов ядер их атомов.

Персонал - профессиональные работники, которые непосредственно работают с источниками ионизирующих излучений (категория А облучаемых лиц).

Плутоний - искусственно полученный химический радиоактивный элемент (металл) с атомным номером 94. В природе встречается в ничтожных количествах в урановых рудах. Известно 16 изотопов плутония.

Плутоний-239 - изотоп плутония с атомной массой 239 и периодом полураспада 24,4 тыс. лет. Один из трех главных делящихся нуклидов, представляющих интерес для ядерной энергетики в качестве топлива. Накапливается в облученном ядерном топливе при работе реактора и впоследствии может быть выделен методами химической переработки.

Поглощенная доза излучения - количество энергии ионизирующего излучения, поглощенное единицей массы облучаемого тела. В системе СИ единицей поглощенной дозы является грей (Гр). 1 Гр = 1 Дж/кг.

Позитрон - античастица электрона с массой, равной массе электрона, но положительным электрическим зарядом.

Пороговая доза - минимальная доза излучения, вызывающая данный биологический эффект. В отношении биологического воздействия излучения Международная комиссия по радиологической защите и аналогичные национальные комиссии всех стран придерживаются концепции беспороговой дозы.

Предел дозы - основной дозовый предел для категории Б облучаемых лиц. ПД - это такое наибольшее среднее значение индивидуальной эквивалентной дозы за календарный год у критической группы лиц, при котором равномерное облучение в течение 70 лет не может вызвать в состоянии здоровья неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами.

Предельно допустимая доза - наибольшее значение индивиду-

альной эквивалентной дозы излучения за год, которое при равномерном воздействии в течение 50 лет не вызовет в состоянии здоровья персонала (категория А) неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами.

Предельно допустимые поступления (ПДП) радионуклида - допустимый уровень поступления радионуклида в организм лиц категории А. ПДП - такое поступление радионуклида в течение календарного года, которое за последующие 50 лет создает в критическом органе максимальную эквивалентную дозу, равную ПДД. При ежегодном поступлении на уровне ПДП максимальная эквивалентная доза за любой календарный год будет равна или меньше ПДД в зависимости от времени достижения равновесного содержания радионуклида в организме.

Протий - «легкий» изотоп водорода с атомной массой 1 (содержание в природном водороде 99,98% по массе).

Протон - стабильная положительно заряженная элементарная частица массой $1,66 \cdot 10^{-27}$ кг. Протон образует ядро «легкого» изотопа водорода (протия). Число протонов в ядре любого элемента определяет его заряд и атомный номер элемента.

Рад - внесистемная единица поглощенной дозы излучения. $1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр}$.

Радикалы свободные - атомы или химические соединения с неспаренным электроном. Короткоживущие радикалы - промежуточные частицы во многих химических реакциях. Некоторые свободные радикалы стабильны и выделены в индивидуальном состоянии.

Радиационная авария - нарушение пределов безопасной эксплуатации, при котором произошел выход радиоактивных материалов или ионизирующего излучения за предусмотренные границы в количествах, превышающих установленные для нормальной эксплуатации значения.

Радиационная безопасность - комплекс мероприятий, направленных на ограничение облучения персонала и населения до наиболее низких значений дозы излучения, достигаемой средствами, приемлемыми для общества, и на предупреждение возникновения ранних последствий облучения и ограничение до приемлемого уровня проявлений отдаленных последствий облучения.

Радиационная генетика - раздел генетики, изучающий влияние ионизирующего излучения на изменение наследственных свойств растительных и животных организмов.

Радиационная стерилизация - обработка материалов ионизирующим излучением с целью обеспечения высокой степени бактерицидности стерилизуемой продукции и равномерности её обработки в транспортной таре; осуществляется с помощью, как изотопных источников излучения, так и электронных ускорителей.

Радиационный контроль - контроль за соблюдением «Норм радиационной безопасности» и «Основных санитарных правил работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений», а также получение информации об уровнях облучения людей и о радиационной обстановке на предприятии (например, атомной станции) и в окружающей среде.

Радиационный мутагенез - возникновение под влиянием ионизирующих излучений и ультрафиолетовых лучей наследственных изменений (мутаций). Используется в генетических исследованиях, в селекции промышленных микроорганизмов, сельскохозяйственных и декоративных растений.

Радиационные пояса Земли - внутренние области магнитосферы Земли, в которых собственное магнитное поле планеты удерживает заряженные частицы (протоны, электроны), обладающие большой кинетической энергией. Выделяют внутренний и внешний радиационные пояса.

Радий - радиоактивный химический элемент II группы периодической системы, атомный номер 88, атомная масса 226,03; сыграл основополагающую роль в исследовании строения атомного ядра и явления радиоактивности; применяется как гамма-источник в дефектоскопии и медицине.

Радиоактивное вещество - вещество, в состав которого входят радионуклиды.

Радиоактивное загрязнение - наличие или распространение радиоактивных веществ сверх их естественного содержания в окружающей среде, на поверхности материалов или в объемах жидкостей, в теле человека и других объектах.

Радиоактивное семейство (ряд) - цепочка радионуклидов, последовательно образующихся в результате ядерных превращений (например, семейств урана и тория).

Радиоактивность - самопроизвольное превращение (радиоактивный распад) нестабильного нуклида в другой нуклид, сопровождающееся выделением ионизирующего излучения.

Радиоактивные отходы - побочные жидкие, твердые и газообразные продукты, образующиеся на всех стадиях ядерного топливного цикла и не представляющие ценности для дальнейшего использования (подлежат различным способам обработки, хранения или захоронения в зависимости от их активности и периода полураспада радионуклидов).

Радиоактивный источник - см. Источник ионизирующего излучения.

Радиоактивный распад - самопроизвольное ядерное превращение.

Радиоактивный фон - уровень радиации, образующийся в результате действия естественных источников радиации.

Радиобиология - область биологии и медицины, специализирующаяся на применении ионизирующих излучений в медицинской диагностике, лечении и изучении воздействия ионизирующих излучений на биологические объекты.

Радиометр - прибор, предназначенный для измерения активности радионуклида в источнике или образце (в объеме жидкости, газа, аэрозоля, на загрязненных поверхностях); плотности потока ионизирующих излучений.

Радионуклид - нуклид, обладающий радиоактивностью (радиоактивные атомы данного химического элемента).

Радиопротекторы - химические соединения, способные снижать вредное воздействие ионизирующего излучения на организм человека.

Радиотерапия - метод лечения воздействием ионизирующего излучения.

Радиотоксичность - способность радиоактивного вещества оказывать лучевое поражение.

Радиочувствительность - мера чувствительности биологического объекта к действию ионизирующего излучения. Степень радиочувствительности сильно меняется при переходе от одного биологического вида к другому, в пределах одного вида, а для определенного индивидуума зависит также от возраста, физиологического состояния и пола. В одном организме различные клетки и ткани сильно различаются по радиочувствительности.

Радон - радиоактивный газ, выделяющийся при радиоактивном распаде урана и тория, содержащихся в земной коре в естественном состоянии. Радон вносит наибольший вклад (около половины) в естественный радиационный фон на Земле.

Рентген - внесистемная единица измерения экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучений, определяемая по их ионизирующему действию на сухой атмосферный воздух. $1 \text{ P} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ Кл/кг}$.

Рентгеновское излучение - коротковолновое электромагнитное ионизирующее излучение с длиной волны от 10^{-7} до 10^{-12} м, возникающее при взаимодействии заряженных частиц или фотонов с электронами. По свойствам рентгеновское излучение близко к гамма-излучению.

Риск радиационный - вероятность возникновения у человека или его потомства какого-либо вредного эффекта в результате облучения.

Санитарно-защитная зона - территория вокруг источника возможных выбросов радиоактивных веществ (например, атомной станции), на которой уровень облучения может превысить предел дозы,

установленный для населения. В этой зоне существуют определенные ограничения (например, не допускается даже временное проживание и т.п.) и осуществляется постоянный радиационный контроль.

Соматические последствия облучения - нежелательные радиационные последствия воздействия ионизирующих излучений на живой организм, проявляющиеся при его жизни, а не у потомства.

Средства индивидуальной защиты - технические средства защиты персонала от поступления радиоактивных веществ внутрь организма, радиоактивного загрязнения кожных покровов и внешнего облучения. Это, в основном, спецодежда и спецобувь.

Тепловые нейтроны - нейтроны, кинетическая энергия которых ниже определенной величины. Эта величина может меняться в широком диапазоне и зависит от области применения (физика реакторов, защита или дозиметрия). В физике реакторов эта величина выбирается чаще всего равной 1 эВ.

Техногенное облучение - облучение от источников излучений, созданных или образующихся в результате технической деятельности человека.

Торий - химический радиоактивный элемент (металл) с атомным номером 90 и атомной массой наиболее распространенного и устойчивого изотопа 232. Известно 9 изотопов, из которых в природе встречается всего один (232). Природные запасы тория в несколько раз превышают запасы урана.

Торий-232 - природный изотоп тория с атомной массой - 232. Единственный широко распространенный изотоп тория в природе с периодом полураспада 14 млрд. лет. Он подвергается ядерному делению под действием быстрых нейтронов и может использоваться в качестве воспроизводящего материала для получения урана-233.

Трансмутация - превращение одного нуклида в другой в результате одной или нескольких ядерных реакций (например, см. Уран-233).

Транспортировка отходов - необходимое звено во всей деятельности, связанной с ядерным циклом; отработавшее топливо и высокоактивные отходы перевозятся автомобильным или железнодорожным транспортом в специальных контейнерах, спроектированных с учетом рассеяния тепла и защиты от излучения и способных выдерживать любую гипотетическую аварию без потери целостности.

Трансурановые элементы - химические элементы с атомными номерами больше 92, члены актиноидного ряда. В периодической системе элементов они расположены после урана. Получены искусственным путем с помощью ядерных реакций, периоды полураспада трансурановых элементов меньше возраста Земли, и поэтому в природе эти элементы не встречаются.

Тритий - «тяжелый» изотоп водорода с атомной массой 3.

Уран - химический радиоактивный элемент (металл) с атомным номером 92 и атомной массой наиболее распространенного изотопа 238. Природный уран состоит из смеси трех изотопов - урана-238, урана-235 и урана-234, из которых практическое значение в ядерной энергетике имеют первые два.

Уран природный - смесь изотопов урана. В природном уране содержится: 0,714% U^{235} , 99,28% U^{238} и 0,006% U^{234} .

Уран-233 - искусственный изотоп урана с периодом полураспада $1,6 \times 10^5$ лет, полученный в результате трансмутации тория-232 после захвата нейтрона. Относится к делящимся нуклидам.

Уран-235 - природный изотоп урана с атомной массой 235. Содержание урана-235 в природном уране 0,715%, период полураспада $7,1 \times 10^8$ лет. Уран-235 является единственным делящимся материалом, существующим в природе.

Уран -238 - природный изотоп урана с атомной массой 238. Содержание урана-238 в природном уране 99,28%, период полураспада $4,5 \cdot 10^9$ лет. Уран-238 подвергается ядерному делению под действием быстрых нейтронов и может использоваться в качестве воспроизводящего материала для получения плутония-239.

Хроническое облучение - постоянное или прерывистое облучение в течение длительного времени.

Цепная реакция деления - последовательность реакции деления ядер тяжелых атомов при взаимодействии их с нейтронами или другими элементарными частицами, в результате которых образуются более легкие ядра, новые нейтроны или другие элементарные частицы и выделяется ядерная энергия.

Цепная ядерная реакция - последовательность ядерных реакций, возбуждаемых частицами (например, нейтронами), рождающимися в каждом акте реакции. В зависимости от среднего числа реакций, следующих за одной предыдущей - меньшего, равного или превосходящего единицу - реакция называется затухающей, самоподдерживающейся или нарастающей.

Цепочка распадов - ряд, в котором каждый радионуклид превращается в следующий в ходе радиоактивного распада до тех пор, пока не образуется стабильный нуклид.

Частица ионизирующая - частица, кинетическая энергия которой достаточна для ионизации атома или молекулы при столкновении.

Частицы элементарные - общее название мельчайших частиц материи на следующем (после ядер) уровне строения материи (субъядерные частицы).

Шкала событий на АЭС - средство для оперативного оповещения общественности о событиях на АЭС.

Эквивалентная доза излучения - величина, введенная для оценки радиационной опасности хронического облучения человека ионизирующими излучениями и определяемая суммой произведений поглощенных доз отдельных видов излучений на их коэффициенты качества. Единицы измерения эквивалентной дозы: зиверт (Зв) или бэр.

Экспозиционная доза - количественная характеристика рентгеновского и гамма-излучений, основанная на их ионизирующем действии и выраженная суммарным электрическим зарядом ионов одного знака, образованных в единице объема воздуха. Единицей измерения экспозиционной дозы в СИ является кулон на килограмм (Кл/кг), а внесистемной - рентген (Р).

Электрон - стабильная отрицательно заряженная элементарная частица с зарядом $1,6 \times 10^{-19}$ Кл и массой 9×10^{-28} г. Один из основных структурных элементов материи.

Элементарные частицы - мельчайшие частицы физической материи. Вместе с античастицами открыто около 300 элементарных частиц. Термин «элементарные частицы» условен, поскольку многие элементарные частицы имеют сложную внутреннюю структуру.

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 (от греч. *stochastikos* - «умеющий угадывать», случайный, вероятностный) - 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. Например, злокачественные новообразования, наследственные заболевания и т.д.

Ядерная безопасность - общий термин, характеризующий свойства ядерной установки при нормальной эксплуатации и в случае аварии ограничивать радиационное воздействие на персонал, население и окружающую среду допустимыми пределами.

Ядерная реакция - превращение атомных ядер, вызванное их взаимодействием с элементарными частицами, или друг с другом и сопровождающееся изменением массы, заряда или энергетического состояния ядер.

Ядерная установка - любая установка, на которой образуются, обрабатываются или находятся в обращении радиоактивные или делющиеся материалы в таких количествах, при которых необходимо учитывать вопросы ядерной безопасности.

Ядерная энергетика - см. Атомная энергетика.

Ядерная энергия - внутренняя энергия атомных ядер, выделяющаяся при ядерном делении или ядерных реакциях.

Ядерное деление - процесс, сопровождающийся расщеплением ядра тяжелого атома при взаимодействии с нейтроном или другой элементарной частицей, в результате которого образуются более легкие ядра, новые нейтроны или другие элементарные частицы и выделяется энергия.

Ядерное превращение - превращение одного нуклида в другой.

Ядерное топливо - материал, содержащий делящиеся нуклиды, который, будучи помещенным в ядерный реактор, позволяет осуществить цепную ядерную реакцию.

Ядерный реактор - устройство, в котором осуществляется контролируемая цепная ядерная реакция. Ядерные реакторы классифицируют по назначению, энергии нейтронов, типу теплоносителя и замедлителя, структуре активной зоны, конструкционному исполнению и другим характерным признакам.

Ядро атомное - положительно заряженная массивная центральная часть атома, состоящая из протонов и нейтронов (нуклонов).

Ядро дочернее - ядро, образующееся в результате распада материнского ядра.

Ядро материнское - атомное ядро, испытывающее радиоактивный распад.

Основные источники:

1. Тепляков, Б.И. Сельскохозяйственная радиология [Электронный ресурс] : учебное пособие. – Электрон. дан. Новосибирск : НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет), 2013. 230 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=44524 – Загл. с экрана. (ЭБс «ЛАНЬ»).

Дополнительные источники:

1. Фокин А.Д., Лурье А.А., Торшин С.П. Сельскохозяйственная радиология: учебник. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: Лань, 2011. -16с.
2. Нормы радиационной безопасности (НРБ-96): гигиенические нормы. М.: Информационно-издательский центр. Госкомсанэпиднадзора России, 1996 127 с.

Интернет ресурсы (И-Р):

1. Журнал «**Вестник рентгенологии и радиологии**» [Электронный ресурс]: сайт // Режим доступа <http://russianradiology.ru/a> - Дата обращения 07.05.2015. – Заглавие с экрана
2. Журнал «**Сельскохозяйственная биология**» [Электронный ресурс]: сайт // Режим доступа <http://www.agrobiology.ru/redsovet.html> - Дата обращения 07.05.2015. – Заглавие с экрана

ПРИЛОЖЕНИЕ

		Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева																VIII				
		I		II		III		IV		V		VI		(H)		VII		VIII				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
1	H 1,00794 водород	Li 6,941 литий	Be 9,01218 бериллий	B 10,811 бор	C 12,011 углерод	N 14,0067 азот	O 15,9994 кислород	F 18,998403 фтор	Ne 20,179 неон											He 4,002602 гелий		
2		Na 22,98977 натрий	Mg 24,305 магний	Al 26,98154 алюминий	Si 28,0855 кремний	P 30,97376 фосфор	S 32,066 сера	Cl 35,453 хлор	Ar 39,948 аргон													
3		K 39,0983 калий	Ca 40,078 кальций	Sc 44,95591 скандий	Ti 47,88 титан	V 50,9415 ванадий	Cr 51,9961 хром	Mn 54,938 марганец	Fe 55,847 железо													
4		Zn 65,39 цинк	Cu 63,546 медь	Ga 69,723 галлий	Ge 72,59 германий	As 74,9216 мышьяк	Se 78,96 селен	Br 79,904 бром	Kr 83,80 криптон													
5		Rb 85,4678 рубидий	Sr 87,62 стронций	Y 88,9059 иттрий	Zr 91,224 цирконий	Nb 92,9064 ниобий	Mo 95,94 молибден	Tc [98] технеций	Ru 101,07 рутений													
6		Ag 107,8682 серебро	Cd 112,41 кадмий	In 114,82 индий	Sn 118,710 олово	Sb 121,75 сурьма	Te 127,60 теллур	I 126,9045 йод	Xe 131,29 ксенон													
7		Cs 132,9054 цезий	Ba 137,33 барий	La* 138,905 лантан	Hf 178,49 гафний	Ta 180,9479 тантал	W 183,85 вольфрам	Re 186,207 рений	Os 190,2 осмий													
8		Au 196,9665 золото	Hg 200,59 ртуть	Tl 204,383 таллий	Pb 207,2 свинец	Bi 208,9804 висмут	Po [209] полоний	At [210] астат	Rn [222] радон													
9		Ra [226] радий	Ac** [227] актиний	Uut [283] унгунтий	Rf [261] реерфордий	Db [262] дубний	Sg [263] себургий	Bh [264] борий	Hs [265] гассий													
10		Rg [272] ригендий	Uub [285] унубий	Uuq [287] ункувий	Uup [289] унпунтий	Uuh [292] унхунтий	Uus [293] унсувий	Uuo [294] унувий	Uuq [295] ункувий													
11		Pr 140,9076 приманций	Nd 144,24 неодимий	Pm [145] прометий	Sm 150,36 самарий	Eu 151,96 европий	Gd 157,25 гадолиний	Tb 158,9254 тербий	Dy 162,50 диurioний													
12		Pa [231] пакций	U [238] уран	Np [237] нептуний	Pu [244] плутоний	Am [243] америций	Cm [247] курий	Bk [247] берклий	Cf [251] калифорний													
13		Th [232] торадий	Pa [231] пакций	U [238] уран	Np [237] нептуний	Pu [244] плутоний	Am [243] америций	Cm [247] курий	Bk [247] берклий													
14		Th [232] торадий	Pa [231] пакций	U [238] уран	Np [237] нептуний	Pu [244] плутоний	Am [243] америций	Cm [247] курий	Bk [247] берклий													
15		Th [232] торадий	Pa [231] пакций	U [238] уран	Np [237] нептуний	Pu [244] плутоний	Am [243] америций	Cm [247] курий	Bk [247] берклий													

* Лантаноиды

** Актиноиды

38	Ce 140,12 церий	59	Pr 140,9076 приманций	60	Nd 144,24 неодимий	61	Pm [145] прометий	62	Sm 150,36 самарий	63	Eu 151,96 европий	64	Tb 158,9254 тербий	65	Dy 162,50 диurioний	66	Ho 162,50 гольмий	67	Er 167,26 эрбий	68	Tm 168,9342 тулий	69	Yb 173,04 ytterбий	70	Lu 174,967 лютеций		
90	Th [232] торадий	91	Pa [231] пакций	92	U [238] уран	93	Np [237] нептуний	94	Pu [244] плутоний	95	Am [243] америций	96	Cm [247] курий	97	Bk [247] берклий	98	Cf [251] калифорний	99	Es [252] езбий	100	Fm [257] фермий	101	Md [258] миделандий	102	No [259] нобий	103	Lr [260] лютеций

Целое число в скобках – массовое число наиболее устойчивого изотопа

Учебное издание

Кундик Татьяна Михайловна

Методическое пособие
к практическим занятиям
по **ОП.12 Сельскохозяйственная радиология**
Специальность: 35.02.05 Агрономия

Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 22.05.2018 г. Формат 60x84. 1/16.
Бумага офсетная. Усл. п. 5,75. Тираж 25 экз. Изд. № 6012.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365, Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ