**Министерство образования и науки Республики Казахстан**

**Костанайский государственный университет им. А. Байтурсынова**

**Кафедра ветеринарной санитарии**

**Ветеринарная радиобиология**

**Методические указания**

**для практических занятий по специальностям**

**5В120100 - Ветеринарная медицина**

**5В120200 - Ветеринарная санитария**

**Костанай, 2014**

**ББК 48.64**

**О 28**

**Авторы:**

Осипова Бахыткуль Аманжоловна кандидат ветеринарных наук

Ошакбаева Назым Мурзагалиевна магистр, ст. преподаватель

**Рецензенты:**

Айсин Марат Жаппасович кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Баисеев Галихан Ауесханович заведующий отделом пищевой безопасности КОФ Республиканской ветеринарной лаборатории

Шайкамал Г.И. кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая кафедры технологии производства продуктов животноводства

Осипова Б. А., Ошакбаева Н. М.

О 28 Ветеринарная радиобиология. Методические указания – Костанай: КГУ им. А. Байтурсынова, 2014. - 49 с.

**ББК 48.6**

Утверждены Научно-методическим советом факультета ветеринарии и технологии животноводства Костанайского государственного университета им. А. Байтурсынова, протокол № \_\_\_ от \_\_\_\_ \_\_\_\_\_ 2014 г.

© Костанайский государственный

университет им. А. Байтурсынова, 2014

**Содержание**

|  |  |
| --- | --- |
| Введение..................................................................................................................................... | 4 |
| Тема 1Основы радиационной безопасности и организация работы с источниками ионизирующих излучений…………………………………………………………………  Тема 2Основные принципы защиты от внешнего и внутреннего облучения при работе с радиоактивными веществами……………………………………………………………… | 5  10 |
| Тема 3 Методы дезактивации продуктов и сырья животного происхождения.................... | 11 |
| Тема 4 Методы дезактивации воды, зерна, продуктов растительного происхож-  дения и животных...................................................................................................................... | 15 |
| Тема 5 Элементы ядерной физики. Строение атома.............................................................. | 17 |
| Тема 6 Явление радиоактивности............................................................................................ | 19 |
| Тема 7 Взаимодействие радиоактивных излучений с веществом........................................ | 21 |
| Тема 8 Биологическое действие ионизирующих излучений. Действие на нервную систему, кожу, ткани и органы чувств.................................................................................... | 23 |
| Тема 9 Биологическое действие ионизирующих излучений. Действие на сердечно-сосудистую систему, органы дыхания и пищеварения......................................................... | 25 |
| Тема 10 Токсикология йода-131, цезия-137, стронция-90..................................................... | 28 |
| Тема 11 Токсикология цезия-137, стронция-90...................................................................... | 29 |
| Тема 12 Определение в молоке йода-131................................................................................ | 30 |
| Тема 13 Прогнозирование радиоактивности кормов по радиоактивному цезию в период преимущественно корневого пути загрязнения кормовых культур. Решение тематических задач.................................................................................................................... | 31 |
| Тема 14 Нормирование поступления радионуклидов в организм сельскохозяйственных животных. Решение тематических задач................................................................................ | 32 |
| Тема 15 Подготовка проб к радиометрии............................................................................... | 33 |
| Тема 16 Технологические способы обработки животноводческой продукции, загряз-  ненной радионуклидами........................................................................................................... | 35 |
| Тема 17 Радиационная оценка кормовой базы и кормов в условиях радиоактивного загрязнения среды..................................................................................................................... | 38 |
| Тема 18 Ветеринарный осмотр и сортировка животных при радиационных  поражениях................................................................................................................................. | 42 |
| Тема 19 Лучевые ожоги. Патологоанатомические изменения при острой лучевой болезни........................................................................................................................................ | 44 |
| Тема 20 Видовые особенности течения лучевой болезни у сельскохозяйственных животных.................................................................................................................................... | 46 |
| Список литературы.................................................................................................................... | 49 |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

**Введение**

Широкое использование ядерной энергетики, применение ионизирующих излучений и радиационной технологии в различных отраслях народного хозяйства, как правило, связаны с попаданием в окружающую среду радиоактивных веществ. Загрязнение окружающей среды происходит и за счет техногенного поступления естественных радионуклидов. Не исключена также возможность аварий на промышленных реакторах и атомных электростанциях, в результате которых возможно радиоактивное загрязнение обширных территорий (например, авария на Чернобыльской АЭС). В таких ситуациях возникает ряд проблем, касающихся путей и способов хозяйственного использования продукции растениеводства и животноводства с повышенным содержанием радиоактивных веществ, реальной необходимости защиты животных, а также населения от поражения радиацией и от радиоактивных веществ, которые могут поступать в организм человека с продукцией сельскохозяйственного производства: с мясом, маслом, колбасой, молоком, овощами, фруктами и другими продуктами питания.

Поэтому настоящее учебное пособие предназначено для подготовки специалистов сельского хозяйства в вузах, способных уверенно работать в экстремальных ситуациях, четко организовать и осуществлять радиационный контроль за содержанием радиоактивных веществ во внешней среде и продуктах сельскохозяйственного производства, разрабатывать мероприятия по ведению растениеводства и животноводства на землях с повышенной радиоактивностью.

**Тема 1 Основы радиационной безопасности и организация работы с источниками ионизирующих излучений**

**Цель занятия**: Ознакомить студентов с основными докумен­тами, регламентирующими работы с радиоактивными ве­ществами и другими источниками ионизирующих излу­чений.

**Содержание занятия**

Вопросы радиационной безопасности в международном масштабе регламентируются Междуна­родной комиссией по радиационной защите (МКРЗ), соз­данной в 1928 году. Имеется также международная ор­ганизация, которая занимается вопросами защиты при работах, связанных с атомной энергией — Международ­ное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ).

Согласно уставу МКРЗ знакомится со всеми до­стижениями в области защиты от излучений и разраба­тывает соответствующие рекомендации, которые утвер­ждаются Международным радиологическим конгрессом.

С учетом рекомендаций МКРЗ в нашей стране при­няты и опубликованы следующие документы: «Закон о радиационной безопасности населения», «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99) и «Нормы радиацион­ной безопасности» (НРБ-99), имеющие законодательный характер для всех предприятий, учреждений и лабора­торий, независимо от их ведомственного подчинения, ко­торые с разрешения Санэпиднадзора ведут работы с ра­диоактивными веществами и источниками ионизирую­щих излучений.

В радиологических лабораториях радиоактивные вещест­ва могут использоваться как в открытом, так и в закрытом виде. Закрытые радиоактивные источники — это такие, агре­гатное состояние которых, исключает загрязнение окружаю­щей среды (сплавы, стержни, слитки и т. д.). Открытые ра­диоактивные источники могут загрязнять окружающую сре­ду (порошки, газы, жидкости). Наиболее опасна работа с открытыми радиоактивными источниками, особенно с радио­нуклидами высокой радиотоксичности.

Радиотоксичность зависит от многих факторов: вида из­лучения, энергии частиц, периода полураспада, распределе­ния в органах и тканях, чувствительности критических орга­нов и т. д.

По степени радиационной опасности внутреннего облуче­ния радиоактивные вещества в открытом виде разделяют на четыре группы, радиотоксичности с индексами А, Б, В, Г и для каждой группы устанавливается минимально значимая активность (МЗА) на рабочем месте, в воздухе, воде.

Минимально значимая активность – это наибольшая ак­тивность открытого источника на рабочем месте, не требую­щая регистрации или получения разрешения на работы орга­нов Государственного санитарного надзора.

Группа А – элементы с особо высокой радиотоксично­стью. Сюда относятся радионуклиды, МЗА которых на рабо­чем месте допускается до 3,7 Бк (свинец 210, радий 226, 228, уран 232, плутоний 238, 239, 240, полоний 210 и др.).

Группа Б – элементы с высокой радиотоксичностью. МЗА на рабочем месте допускается до 37 Бк (стронций 90, йод 126, 129, 131, радий 223, 224, уран 230, 233, 234, 235 и др.).

Группа В – элементы со средней радиотоксичностью, МЗА на рабочем месте допускается до 370 Бк (натрий 22, фосфор 32, сера 35, калий 42, кальций 45, стронций 89, це­зий 137 и др.).

Группа Г – элементы с малой радиотоксичностью. МЗА на рабочем месте допускается до 3700 Бк (углерод 14, хлор 38, железо 55, медь 64, цезий 131, 136, платина 197 и др.).

Все работы с открытыми радиоизотопами разделяют на три класса (табл. 1), а это определяет требования к разме­щению и оборудованию лабораторий.

Таблица 1 **Определение класса работы лаборатории (ОСПОРБ-99)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Группа радиотоксичности | МЗА, МБк | Активность на рабочем месте, МБк | | |
| I  более | II  (от–до) | III  (от–до) |
| А | 0,037 | 3,7×103 | 3,7–3,7×103 | 0,037–3,7 |
| Б | 0,37 | 3,7×104 | 37–3,7×104 | 0,37–37 |
| В | 3,7 | 3,7×105 | 370–3,7×105 | 3,7–370 |
| Г | 37 | 3,7×106 | 3,7×103 – 3,7×106 | 37–3700 |

**Нормы радиационной безопасности (НРБ-99)**

Нормы радиационной безопасности устанавливают сис­тему дозовых пределов и принципы их применения. НРБ-99 основаны на следующих принципах радиационной безопасно­сти: непревышение установленного основного дозового преде­ла, исключение всякого необоснованного облучения, снижение дозы излучения до возможно низкого уровня-

Дозовые пределы, устанавливаемые НРБ 99, не включают:

а) дозу, получаемую пациентом при медицинском обследовании и лечении;

б) дозу, обусловленную естественным фоном облучения.

По допустимым основным дозовым пределам устанавли­ваются следующие категории облучаемых лиц.

Категория А – персонал, который постоянно или вре­менно работает непосредственно с источниками ионизирую­щих излучений.

Категория Б – ограниченная часть населения, которая не работает непосредственно с источниками ионизирующего излучения, но по условиям проживания или размещения ра­бочих мест могут подвергаться воздействию радиоактивных веществ и других источников излучения.

Категория В – население области, края, республики.

При оценке последствий облучения все органы и ткани в порядке уменьшения их радиочувствительности объединены в три группы критических органов:

1 группа – все тело, гонады, красный костный мозг;

2 группа – щитовидная, молочная, поджелудочная железы, мышцы, печень, селезенка, жировая ткань, почки, ЖКТ, легкие, хрусталик глаза;

3 группа – кожный покров, костная ткань, кисти, пред­плечья, лодыжки и стопы.

В качестве основных дозовых принципов в зависимости от группы критических органов для категории А устанавли­вается предельно допустимая доза (ПДД) за год, а для ка­тегории Б – предел дозы (ПД) за год (таблица 2).

ПДД – наибольшее значение индивидуальной эквива­лентной дозы за год, которое при равномерном воздействии в течение 50 лет не вызовет в состоянии здоровья персонала (категории А) неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами.

ПД – предельная эквивалентная доза за год для огра­ниченной части населения (категория Б). Предел дозы устанавливается меньше ПДД для предотвращения необоснованного облучения этого контингента людей.

Таблица 2 **Основные дозовые пределы внешнего и внутреннего облучения, мЗв/год (НРБ-99)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Дозовые пределы внешнего и внутреннего облучения | Группа критических органов | | | |
| I | II | | III |
| ПДД для категории А | 50 | 150 | | 300 |
| ПД для категории Б | ¼ от категории А | |  |  |

Ограничение облучения категории В осуществляется ре­гламентацией или контролем объектов окружающей среды (воды, воздуха, продуктов питания), контролем технологичес­ких процессов, приводящих к загрязнению, доз от медицин­ского облучения, строительных материалов и т. д. Во всех случаях доза, накопленная к 30 годам, не должна превышать 600 мЗв (60 бэр).

**Меры индивидуальной защиты и профилактики при работе с радиоактивными веществами**

**Работа с открытыми источниками ионизирующих излучений**

Комплекс защитных мер при работе с открытыми источниками должен обеспечить защиту людей не только от внешнего, но и от внутреннего облучения, предотвращать радиоактивное загрязнение воздуха и поверхностей рабочих помещений, кожных покровов и одежды персонала, а также объектов внешней среды – воздуха, воды, почвы, растительности и др.

К числу основных профилактических мероприятий при работе с открытыми источниками излучений относятся: правильный выбор планировки помещений, оборудования, отделки помещений, оборудования, отделки помещений, технологических режимов; рациональная организация рабочих мест и соблюдение мер личной гигиены работающих; рациональный режим вентиляции; организация защиты от внешнего и внутреннего облучений, сбора и удаления радиоактивных отходов. Требования к выполнению указанных мероприятий зависят от характера работ, активности и состава используемых радионуклидов.

Все работы с открытыми источниками разделяют на 3 класса в зависимости от группы радиационной опасности радионуклида и его активности на рабочем месте. В зависимости от класса работ предъявляют требования к размещению и оборудованию помещений, в которых проводят работы с открытыми источниками.

К размещению лабораторий, где проводят работы III класса, специальных требований не предъявляют. Работы этого класса проводят в отдельных помещениях (комнатах). Рекомендуется устройство душевой и выделение помещений для хранения и фасования растворов. При опасности загрязнения воздуха работы следует проводить в вытяжных шкафах.

Помещения для работ II класса необходимо размещать в отдельной части здания, изолированной от других помещений. В составе этих помещений должны быть санпропускник или душевая и пункт радиационного контроля на выходе. Эти помещения оборудуют вытяжными шкафами или боксами.

Помещения для работ I класса должны быть размещены в отдельном здании с отдельным входом только через санпропускник и разделены на 3 зоны (трехзональная планировка):

1 зона – необслуживаемые помещения, где размещаются технологическое оборудование и коммуникации, являющиеся основными источниками излучения и радиоактивного загрязнения;

2 зона – периодически обслуживаемые помещения (для проведения ремонта оборудования и других работ, связанных с вскрытием технологического оборудования, временного хранения и удаления отходов);

3 зона – помещения постоянного пребывания персонала в течение всей смены.

В помещениях для работ II класса и третьей зоны I класса полы и стены должны быть покрыты специальными слабо сорбирующими материалами, стойкими к моющим средствам.

Оборудование и рабочая мебель должны иметь гладкую поверхность, простую конструкцию и слабо сорбирующие покрытия, облегчающие удаление радиоактивных загрязнений. При работе с открытыми радиоактивными веществами следует пользоваться пластиковыми пленками, фильтровальной бумагой и другими подсобными материалами разового пользования для ограничения загрязнения различных поверхностей, оборудования и помещений. Работы следует проводить на лотках и поддонах, изготовленных из слабо сорбирующих материалов. В помещениях для работы с открытыми источниками запрещается пребывание персонала без средств индивидуальной защиты, прием пищи и курение; нельзя также применять косметику, хранить пищевые продукты, табачные изделия, домашнюю одежду и др.

Вентиляционные и воздухоносные сооружения должны обеспечивать защиту от загрязнения воздуха в соответствии с требованиями НРБ-99. Система специальной канализации должна предусматривать дезактивацию сточных вод в очистных сооружениях, которые располагаются в специальном помещении на территории учреждения.

**Работа с закрытыми источниками излучения**

Источники ионизирующего излучения, конструкция которых исключает попадание радиоактивных веществ в окружающую среду, называют закрытыми. Следовательно, в этом случае персонал может подвергаться только внешнему облучению. Такие источники применяют, например, в установках для радиационно-биологической технологии, радиационной терапии и диагностики. В качестве источников излучения в этих установках используют радионуклидные закрытые источники, а также рентгеновские аппараты и гамма-установки.

Рабочую часть стационарных установок с открытым и неограниченном по направлению пучком излучения следует располагать в отдельном помещении. Материал и толщина стен, пола и потолка этого помещения при любых реальных положениях источника и направления пучка должны обеспечивать ослабление излучения в смежных помещениях и на территории учреждения до допустимых значений.

Пульт управления установкой размещают в смежном помещении. Входная дверь в помещение, где находится установка, должна блокироваться с механизмом перемещения источника или включением высокого напряжения так, чтобы исключить возможность случайного облучения персонала. Эти помещения должны оборудованы системой сигнализации о положении облучателя или включении энергопитании и превышении заданной мощности дозы. В нерабочем положении все источники ионизирующих излучений должны находится в защитных устройствах, а нерадиоактивные источники обесточены. Для перемещения источника в рабочее положение или включения энергопитания предусматривает систему дистанционного управления.

Специальные требования к отделке помещений при работе с закрытыми источниками излучений не предъявляют, кроме помещений для перезарядки и временного хранения демонтированных приборов и установок.

**Средства индивидуальной защиты**

При работе с радиоактивными веществами в открытом виде необходимо использовать средства индивидуальной защиты. Средствами индивидуальной защиты принято называть спецодежду, обувь, различные приборы и приспособления (респираторы, противогазы, пневмокостюмы), применяемее индивидуально и обеспечивающие защиту работающего с радиоактивными веществами от попадания радиоактивных веществ в органы дыхания, пищеварения и на кожу. Различают следующие виду средств индивидуальной защиты: изолирующие костюмы (пневмокостюмы, гидроизолирующие костюмы); средства защиты органов дыхания (респираторы, противогазы, пневмошлемы и т.д.); специальная одежда (комбинезоны, полукомбинезоны, куртки, брюки, халаты, фартуки и т.д.); специальная обувь (сапоги, ботинки, следы и т.д.); средства защиты рук (перчатки, рукавицы); средства защиты глаз (защитные очки); предохранительные приспособления (ручные захваты, манипуляторы и т.д.).

Выбор средств индивидуальной защиты определяют условиями работы и радиационной обстановкой, характером и объемом выполняемых работ, уровнем загрязнения воздуха и рабочих поверхностей.

**Основные правила работы с радиоактивными веществами**

**и другими источниками ионизирующих излучений**

1 Лица, работающие с радиоактивными веществами или другими источниками ионизирующих излучений, должны пройти специальную подготовку или инструктаж.

2 Работа с радиоактивными веществами должна проводиться в средствах индивидуальной защиты: спецодежде, обуви, фартуках, нарукавниках, пневмокостюмах, респираторах, щитках для глаз и т. д.

3 Лица с порезами и ранами на руках к работе с радиоактивными веществами не допускаются.

4 Прием пищи, воды, курение и косметические операции в помещениях, где ведутся работы с радиоактивными веществами, запрещаются.

5 После окончания работы руки моют горячей водой с мылом и чистота их проверяется на специальных приборах.

Защита от закрытых и открытых точечных радиоисточников может быть достигнута:

1 Расстоянием.

2 Временем.

3 Поглощением.

Защита расстоянием реализуется использованием различных устройств для дистанционной работы: тигельные щипцы, пинцеты, универсальные манипуляторы и т. д.

Защита временем реализуется максимальным сокраще­нием времени непосредственной работы с источниками излу­чения (опыт быстрой и четкой работы, репетиции с манипу­ляторами, сокращение рабочего дня, временный перевод на работы, не связанные с облучением).

Защита поглощением предусматривает использование различных поглотительных экранов. Выбирают поглотитель в зависимости от природы излучателя.

**Контрольные вопросы:**

1 Какие документы регламентируют допустимые уровни облучения человека в нашей стране?

2 На какие категории подразделяют облучаемых лиц?

3 Назовите группы критических органов.

4 От чего зависит токсичность радионуклидов?

5 Какими средствами индивидуальной защиты необходи­мо пользоваться при работе с открытыми радиоактивными источниками?

**Тема 2 Основные принципы защиты от внешнего и внутреннего облучения при работе с радиоактивными веществами**

**Цель занятия:** Изучить основные принципы защиты от облучения

**Содержание занятия**

Чтобы при работе с радиоактивными веществами не превысить ПДД, а наоборот, работать с возможно более низкими дозами, принимаются различные защитные средства.

Защита от внешнего облучения может быть достигнута расстоянием, временем, разведением и поглощением. Каждый из этих способов может быть использован сам по себе или в разных комбинациях с остальными. Это зависит от вида используемых радиоактивных веществ (открытые, закрытые источники), их физического состояния (твердые, порошкообразные, жидкие, газообразные), вида и энергии излучения, активности, периода полураспада, относительной радиоактивности вещества, его количества и характера технологического процесса использования.

Для защиты от внешнего облучения применимы все названные четыре способа защиты:

1*) Расстояние* ­– можно защититься, не имея других защитных приспособлений, но располагая устройствами для дистанционной работы. На близких расстояниях простейшим видом дистанционного инструмента являются различного вида шарнирные щипцы, наиболее сложными являются так называемые универсальные манипуляторы на расстоянии точно повторяющие движение пальцев.

2) *Время* – защита достигается максимальным сокращением времени непосредственной работы с источником излучения. Это требует большой тренированности персонала, обработанности всех манипуляций с препаратом тренированности персонала, обработанности всех манипуляций с препаратом и навыком быстрой и четкой работы. Сокращенным рабочим днем, укороченной рабочей неделей, удлинением отпуска или временным переводом на работы, не связанные с возможностью облучения.

3) *Разведение* – пользуются, учитывая водорастворимость их в кислотах и щелочах, способности вступать в различные химические соединения с другими неактивными веществами.

4) *Поглощение* – или барьерная защита, пользуются в тех случаях, когда активность препарата превышает 0,1 мг экв. Ra.

Поглотителем (экраном), защищающим от α – излучения, служит небольшой слой воздуха между оператором и источником.

Экраном для защиты от γ – излучения могут быть элементы с высоким атомным номером и с высокой плотностью, такие как свинец, вольфрам, чугун.

Достаточными защитными свойствами обладают и металлы среднего удельного веса – железо в виде нержавеющей стали и чугуна. В более массивных ограждениях используются баритобетон.

Свинец входит в состав свинцовых стекол, используемых в смотровых окнах. Например: в рентгеновских кабинетах.

По конструкции все защитные экраны делятся на стационарные (стены, колодцы) и передвижные (переносимые экраны, защитные фартуки и ширмы), контейнеры. Экраны могут быть и сборочными из стандартных свинцовых или чугунных блоков-кирпичей.

**Контрольные вопросы:**

1 Как достигается защита расстоянием?

2 Как достигается защита временем?

3 Когда пользуются разведением?

4 Что такое защита поглощением?

**Тема 3 Методы и средства дезактивации поверхностей, транспортных средств и приборов**

**Цель занятия:** Изучить основныеметоды и средства дезактивации поверхностей, пищевых продуктов и воды

**Содержание занятия**

**Дезактивация** — это методы и средства удаления радиоактивных веществ с тела человека или животною, с одежды или домашних вещей, бытовых предметов, оборудования, различных сооружений или местности (земли, растительности), воды, молока или других пищевых продуктов и сырья, транспортных средств или упаковочной тары, попадающих на них в результате технологических процессов, связанных с получением и применением природных и искусственных радиоактивных веществ, в результате небрежности, аварий или вследствие применения ядерного оружия.

Эффективность дезактивации зависит от плотности загрязнения объекта (или его части), характера материала (металл, дерево, стекло, ткань и т. д.), состояния поверхности (гладкая, шероховатая, пористая, липкая), величины частиц радиоактивной пыли, растворимости радионуклидов, времени, прошедшего с момента загрязнения, средств и способа дезактивации.

Следует учитывать, что чем раньше начата дезактивация, тем она будет эффективней, так как длительная задержка радиоактивных загрязнений практически на любом объекте приводит к большей фиксации их и затруднит, осложнит очистку.

Радиоактивные вещества нельзя уничтожить, ускорить их распад или нейтрализовать каким-либо химическим веществом. Их можно только удалить, применяя физические (механические), химические или физико-химические методы.

*Физический метод* заключается в механическом удалении радиоактивной пыли щеткой, веником, при помощи пылесоса или вытряхивания и выколачивания, обтирания паклей, ветошью, смывания водой, снятия и удаления верхнего загрязненного слоя (грунта, зерна, сена и др.), фильтрования.

При *химическом* радиоактивные изотопы либо растворяют, либо соединяют в комплексное соединение, госта чего удаляют. Для этого применяют различные растворители (соляная и азотная кислоты, дихлорэтан, бензин, керосин) или комплексообразователи (лимонная и щавелевая кислоты, гекса-метафосфат натрия и др.).

Чаще всего применяют *физико-химический метод* дезактивации — смывание радиоактивных веществ дезактивирующими растворами. При этом применяют растворители, комплексообразователи, поверхностно-активные вещества.

В некоторых случаях, особенно для дезактивации молока и воды, применяют ионообменные смолы (катионообменные и анионообменные). В особых случаях (военные действия, промышленное производство и пр.) применяют различные смеси, приготовленные из специальных дезактивирующих веществ.

Доступные для населения средства дезактивации, которые можно приобрести в хозяйственных и продовольственных магазинах, аптеках и магазинах мед. техники, химреактивов, медпрепаратов:

***Поверхностно-активные вещества (ПАВ)***

|  |  |
| --- | --- |
| Жировое мыло (60 %), препарат «Новость», стиральные порошки, «Контакт Петрова»[[1]](http://vladimir.cms.web3/js/innstd297/scripts/blank.gif" \l "_ftn1" \o ") | Применяют 0,3—1 %-ные растворы. Можно использовать вместе с комплексообразователями, кислотами и другими веществами |

***Комплексообразующие вещества***

|  |  |
| --- | --- |
| Гексаметофосфат натрия, Трилон Б[\*\*](http://vladimir.cms.web3/js/innstd297/scripts/blank.gif" \l "_ftn2" \o "), лимонная, винная, щавелевая, плавиковая кислоты | Применяют 0,4—2 %-ные растворы. Можно использовать совместно с ПАВ кислотами и другими веществами |

***Неорганические кислоты***

|  |  |
| --- | --- |
| Азотная, соляная и серная кислоты | 2—5 %-ные растворы применяют для дезактивации кислотостойких материалов |

***Окислители***

|  |  |
| --- | --- |
| Марганцовокислый калий, перекись водорода | 0,1—0,5 %-ные растворы в щелочной либо кислой среде применяются для удаления радиоактивных веществ, прочно связанных с поверхностью |

***Сильные основания***

|  |  |
| --- | --- |
| Едкий натрий и калий | 1—5 %-ные растворы применяют для удаления радиоактивных веществ, растворимых в щелочах |

***Органические растворители***

|  |  |
| --- | --- |
| Дихлорэтан, спирт, ацетон, керосин, бензин | Применяют для удаления загрязненного слоя смазки или краски |

Обрабатываемые поверхности различных объектов после дезактивации специальными моющими растворами, промывают проточной водой, протирают насухо и опять проверяют бытовыми дозиметрами или радиометрами. Если радиоактивное загрязнение не снято, то дезактивацию повторяют более сильными дезактивирующими составами, что будет рассмотрено ниже на конкретных примерах.

В качестве моющих растворов для дезактивации можно применять составы:

*Состав № 1*

|  |  |
| --- | --- |
| «Контакт Петрова», мл | 300 |
| Вода, л | До 1 |

*Состав № 2*

|  |  |
| --- | --- |
| «Контакт Петрова», мл | 300 |
| Щавелевая кислота, г | 10 |
| Поваренная соль, г | 50 |
| Вода, л | 1 |

*Состав № 3*

|  |  |
| --- | --- |
| «Новость» 10 г или ОП-7, г | 3 |
| Соляная кислота (100 %-ная), г | 40 |
| или при плотности 1,18, мл | 100 |
| Гексаметафосфат натрия, г | 4 |
| Вода, л | До 1 |

Если дезактивация не достигла цели, то ее повторяют более сильным составом:

*Состав № 4*

|  |  |
| --- | --- |
| Марганцовокислый калий, г | 40 |
| Серная кислота, г | 5 |
| Вода, л | До 1 |

После дезактивации поверхности составом № 4 (в течение 10—15 мин) проводят обработку составом № 2.

Если загрязненный материал некислотостойкий (корродирует или растворяется), то рекомендуется обрабатывать его щелочными растворами:

*Состав № 5*

|  |  |
| --- | --- |
| Едкий натрий, г | 10 |
| Трилон Б, г | 10 |
| Вода, л | До 1 |

Ценное оборудование, приборы следует дезактивировать раствором лимонной или щавелевой кислоты:

*Состав № 6*

|  |  |
| --- | --- |
| Лимонная (или щавелевая) кислота, г | 10—20 |
| Вода, л | До 1 |

Применяют также раствор тринатрийфосфата или гексаметафосфата натрия:

*Состав № 7*

|  |  |
| --- | --- |
| Тринатрийфосфат или гексаметафосфат натрия, г | 10—20 |
| Вода, л | До 1 |

По окончании дезактивации поверхностное загрязнение различных объектов не должно превышать установленные Нормами радиационной безопасности допустимые уровни поверхностного радиоактивного загрязнения, которые приведены в таблице 3.

**Таблица 3 Допустимое радиоактивное загрязнение различных поверхностей (в частицах/см2 в 1 минуту)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Объект загрязнения | Альфа-излучающие радионуклиды (уран, плутоний, торий, нептуний, амерциний и др.) | Бета-излучающие радионуклиды (стронций-90, итрий-90, церий-144, рутений-106, цезий-137-бета, гамма и др.) |
| Кожные покровы тела человека, волосы и внутренняя поверхность головного убора | 0,1 | 10 |
| То же | 0,1 | 2 (стронцием-90 и итрием-90) |
| Полотенца, нательное белье, внутренняя поверхность верхней одежды | 0,1 | 10 |
| То же | 0,1 | 2 (стронцием-90 и итрием-90) |
| Верхняя одежда | 0,5 | 20 |
| То же | 0,5 | 4 (стронцием-90 и итрием-90) |
| Наружные поверхности обуви | 5 | 200 |
| Внутренние поверхности обуви | 0,5 | 20 |
| То же | 0,5 | 4 (стронцием-90 и итрием-90) |
| Внутренние поверхности жилых помещений и находящихся в них бытовых предметов | 0,5 | 20 |
| Наружные поверхности жилых и подсобных помещений, предметов во дворе | 5 | 200 |
| Внутренние поверхности транспортных средств и контейнеров | 1 | 100 |
| Мешковина, упаковочные материалы, внутренняя поверхность ящиков под пищевые продукты | Не допускается | Не допускается |

При дезактивации поверхностей бытовых предметов, стен жилых и подсобных помещений, покрытых пористыми или легко смачиваемыми материалами, не следует оставлять моющий раствор на обрабатываемой поверхности на длительное время во избежание впитывания радиоактивного загрязнения вместе с моющим раствором. При дезактивации глиняных и оштукатуренных стен поверхностный слой соскабливают.

**Дезактивация во дворе.** Стены, двери, окна, здания и сооружения обмывают сначала струей воды из шланга под давлением, затем смывают радиоактивную пыль с крыльца, дорожек и других предметов. Для удаления грязной воды делают отводные канавы и ямы, которые после окончания работ засыпают землей. После высыхания, производят дозиметрические измерения. Если будут выявлены пятна загрязнений выше допустимых норм, нужно провести дезактивацию моющими составами № 1, 2 и 3. Опять обмыть эти места водой со шланга под давлением и провести повторные измерения. Из внутренних помещений и бытовых предметов удаляют пыль пылесосом, а затем производят влажную обработку с использованием щеток и тряпок как непосредственно, так и намотанных на длинные палки. Ковры и дорожки выносят на улицу и выбивают, стоя с наветренной стороны. Книги на не застекленных полках также обрабатывают пылесосом. Особое внимание необходимо уделить местам, через которые в квартиру поступает пыль. В кондиционерах нужно заменить фильтрующую прокладку.

Вещи из мягкой пористой ткани обрабатывают пылесосом, а затем стирают в стиральной машине. Если на них будет найдено радиоактивное загрязнение, которое самостоятельно удалить невозможно, то их можно сдать в прачечную.

**Транспортные средства** и машины дезактивируют на специальных площадках промыванием водой из шланга под давлением и протиранием раствором «Контакт Петрова», керосином, ацетоном, растворами ПАВ. В необходимых случаях приходится иногда прибегать к «пескоструйной» обработке или даже вырезать куски кузова автогеном (газосваркой).

**Упаковочные ящики,** плетеные корзины и другую тару промывают водой под давлением и протирают ветошью, смоченной в дезактивирующем составе. Если они не представляют большой ценности, а загрязнены выше допустимых норм, то их уничтожают (но не сжигают).

**Различные приборы,** аппараты, бытовые предметы очищают щетками и тампонами, смоченными в дезактивирующем составе № 6 пли № 7. При наличии смазки поверхность предварительно обрабатывают тампонами со спиртом, бензином, керосином или другими растворителями. Затем промывают водой и насухо вытирают тряпкой или марлей.

**Кожаные части упряжки,** сапоги, изделия из резины и синтетических тканей протирают щетками или ветошью с использованием хозяйственного мыла. Затем вытирают насухо тряпкой и кожу смазывают дегтем.

С предметов, покрытых полиэтиленовой или другой пленкой, клеенкой, радиоактивные вещества смываются сравнительно легко мыльным раствором стирального порошка (1 столовую ложку порошка на 1 л теплой воды).

**Водонасосные сооружения**, поверхность шахтных колодцев, каптажа родников обмывают сильной струей воды, после чего около них снимают загрязненный грунт и закапывают его в землю. Желательно из шахты колодца выкачать воду и очистить дно. Для предохранения от радиоактивной пыли наземную часть колодца необходимо оборудовать крышкой и оббить полиэтиленовой пленкой.

**Контрольные вопросы:**

1Что такое дезактивация?

2 От чего зависит эффективность дезактивации?

3 Какие существуют средства дезактивации?

4 Как проводят дезактивацию двора, транспортных средств, различных приборов?

**Тема 4 Методы и средства дезактивации воды, зерна, продуктов растительного происхождения и животных**

**Цель занятия:** Изучить основныеметоды и средства дезактивации воды, зерна, овощей и животных

**Содержание занятия**

**Для очищения воды** от радиоактивных веществ применяют несколько способов: простое отстаивание, коагулирование с последующим отстаиванием, фильтрование, перегонку. Первый, самый простой способ позволяет удалить только нерастворимые радионуклиды и аэрозоли. Если же применить коагулянты (квасцы, глину, кальцинированную соду, сульфат железа, фосфаты), то можно удалить до 40% стронция-90, цезия-134 и цезия-137. Фильтрованием через песок, почву, торф, гравий можно достичь очистки до 70-85%.

В условиях сельской местности или на дачных участках очищенную воду из загрязненных открытых водоемов (озера, пруда) можно получить, устраивая специальные колодцы на расстоянии 5-10 м от берега водоема. Дно колодца должно быть ниже поверхности уровня воды в водоеме. Если грунт берега не пропускает воду, то между водоемом и колодцем устраивают фильтрационную траншею или трубу.

Более полное удаление радионуклидов из воды (в том числе и растворенных) достигается при перегонке или пропускании ее через ионообменные смолы. Последнее нашло широкое применение в настоящее время и для очистки загрязненного молока. Кроме того, оказалось эффективной переработка молока на масло и сыры. Основная часть радионуклидов переходит в обрат и сыворотку. Если же масло загрязнено аэрозольными радиоактивными веществами, то удаляют поверхностный загрязненный слой масла, который перетапливают, что тоже приводит к положительному эффекту.

**Очистку зерна,** находящегося в открытых буртах, в случае его поверхностного загрязнения производят осторожным снятием верхнего загрязненного слоя на глубину 10-15 см. Этот загрязненный слой зерна можно попробовать очистить промыванием проточной водой. Тоже самое необходимо проделать при загрязнении стогов сена, соломы и др.

**Корнеплоды и клубнеплоды** (картофель, свекла, морковь, турнепс) дезактивируют промыванием в проточной воде, что при двух-, трехкратном промывании позволяет удалить до 80% радиоактивных веществ. Еще на 10-15% происходит очистка при снятии кожуры и окончательное удаление радиоактивных веществ произойдет при их кипячении до полуготовности, после чего воду сливают, а овощи заливают новой порцией воды и доводят их до готовности. Следует учитывать, что самое высокое по сравнению с картофелем, морковью и др. корнеплодами наполнение стронция-90 происходит в столовой свекле (в 8 раз больше) и к сожалению в плодах огурцов, кулинарная обработка которых ограничена.

С кочанов капусты обычно удаляют верхние листья. Простое погружение в воду капусты и корнеклубнеплодов эффекта не дает. А вот некоторые ягоды и, в частности, клубника, погруженная на 20-30 мин в слабый раствор лимонной, щавелевой или муравьиной кислоты, теряла значительную часть радиоактивного загрязнения.

**Дезактивация людей и домашних животных.** Работающему необходимо тщательно следить за чистотой кожных покровов, особенно на руках. Загрязнение кожи может быть причиной занесения радиоактивных веществ внутрь организма. При очистке кожных покровов от радиоактивных загрязнений следует помнить, что она будет тем эффективнее, чем раньше к ней приступят, так как длительная задержка радиоактивных загрязнений на коже приводит к большей фиксации их и затрудняет очистку. Для более успешной очистки рук надо коротко стричь ногти и следить за эластичностью кожи, так как сухая кожа, наличие трещин и мозолей ухудшает ее очистку. Царапины и порезы могут также способствовать проникновению радиоактивных веществ в организм. В большинстве случаев руки достаточно хорошо отмываются теплой водой с применением щетки и мыла. При этом поверхность кожи надо очищать, начиная с пальцев, пространства между ними и далее ладони. Мыть руки нужно 3-5 мин.

При более высоких уровнях загрязнения, когда хозяйственное мыло не дает должного эффекта, следует применять различные специальные составы, в частности адсорбенты, комплексообразователи и растворители. Однако различные физико-химические свойства многочисленных радиоактивных элементов не дают возможности рекомендовать универсальные средства. Поэтому специальные составы имеют весьма ограниченное применение.

Так, при загрязнении рук торием и фосфатом рекомендуется применять мыло с добавкой трилона Б, гексаметафосфата и стирального порошка, радием — каолиновое мыло. В некоторых случаях нужно пользоваться 1-2% раствором лимоннокислого натрия, углекислою натрия, марганцовокислого калия, соды и др. Все перечисленные средства могут не дать полного дезактивирующего эффекта, и обработку проводят повторно. Дезактивация кожных покровов должна проводиться с учетом изотопа, его химического соединения, особенностей, степени и продолжительности загрязнения. В зависимости от этого применяют различные дезактивирующие средства. Обычно дезактивация кожных покровов производится в несколько приемов: водой, затем раствором мыла, дезактивирующим раствором и теплой водой с мылом. Хороший эффект дает применение паст на основе каолиновой глины с различными добавками (гексаметафосфата натрия, соды, пемзы и т. д.) наряду со смешанной дезактивацией: водой, дезактивирующим раствором, пастой, теплой водой с мылом. Стиральный порошок наносят на руки с небольшим количеством воды и растирают его до появления «белой перчатки», затем смывают водой. Если радиоактивное загрязнение сопровождалось небольшим ранением кожи, то ранку необходимо несколько раз промыть теплой проточной водой, а затем искусственно вызвать кровотечение под струей воды.

Лицо моют водой с мылом. Волосы, загрязненные радиоактивными веществами, моют, шампунем с добавлением 3% лимонной кислоты. Глаза промывают под струей теплой воды при широко раздвинутых веках. Во избежание загрязнения слезных каналов струю воды направляют от внутреннего угла к наружному. Полость носа промывают теплым физиологическим раствором. При попадании радиоактивных веществ в рот его необходимо несколько раз прополоскать теплой водой, зубы и десны вычистить щеткой с зубной пастой, после чего прополоскать 3% лимонной кислотой.

Дезактивация считается законченной, если уровень радиоактивности не превышает допустимого, что подтверждается показаниями радиометра. Если в результате проведенной однократной обработки частей тела не достигнута необходимая степень чистоты, проводят повторную дезактивацию. Неэффективные повторные обработки свидетельствуют о фиксации изотопа кожей, что является основанием для постановки человека на медицинский учет.

Наряду с дезактивацией сельскохозяйственных животных, немаловажное значение имеет и дезактивация декоративных (собак, кошек и др.) в семьях городских жителей. И чем раньше она будет начата, тем более эффективней окажется. В зависимости от способа удаления радиоактивных веществ различают сухую и влажную дезактивацию животных. Следует отметить, что здесь речь пойдет только о поверхностном загрязнении тела животных и о способах его очистки. Внутреннего радиоактивного загрязнения касаться не будем.

*Сухую обработку* осуществляют путем сбора радиоактивной пыли с кожных покровов животного при помощи пылесосов и других вакуумных машин. Для отсасывания радиоактивной пыли применяют специальные гребенки или щетки с перлоновым ворсом. В качестве сухой обработки овец, некоторых пород коз, собак применяют стрижку. Иногда радиоактивную пыль с туловища животного (лошади, коровы) можно удалять механически, сметая ее веником, жгутами, щетками. Но этот метод малоэффективен и не безопасен для человека. Удаляется при сухой обработке не более 25% радиоактивных веществ.

*Влажную обработку* проводят обмыванием животных вначале теплым раствором моющих средств, а затем чистой водой. Удаляют 70-90 % радиоактивных веществ. В качестве моющих средств применяют водный раствор со стиральным порошком или обычным жировым мылом. Если нет никаких моющих средств, то можно использовать обычную воду под давлением (со шланга).

Эффективно сочетать сухую дезактивацию с влажной. Моющим составом туловище животного обрабатывают в течение 5-10 мин, после чего смывают образовавшуюся мыльную массу. Обработку начинают с головы животного, потом переходят на шею и спину, туловище и заканчивают конечностями. Если дезактивация эффекта не дала, нужно обратиться в местную ветеринарную лабораторию.

При дезактивации животных необходимо пользоваться непромокаемыми фартуками, нарукавниками, резиновыми сапогами и перчатками.

**Приготовление моющих растворов**

*Состав № 1.* К 700 мл воды постепенно добавляют 30 мл «Контакта Петрова» и хорошо перемешивают.

*Состав № 2.* 50 г поваренной соли растворяют в 700 мл воды, добавляют 10 г щавелевой кислоты, к полученному раствору добавляют 300 мл «Контакта Петрова» и хорошо перемешивают.

*Состав № 3.* 4 г гексаметафосфата растворяют в 400 мл воды при нагревании до 60—70 «С, полученный раствор охлаждают до комнатной температуры, отдельно растворяют 10 г «Новости» или другого стирального порошка в 500 мл соляной кислоты (плотность 1,18 г/см3), что эквивалентно 40 г 100 % кислоты, и полученный раствор хорошо перемешивают.

*Состав № 4.* 40 г марганцовокислого калия растворяют в 1 л воды при нагревании до 60°С, охлаждают и добавляют 5 г серной кислоты (плотность 1,84 г/см3). Полученный раствор хорошо перемешивают.

*Состав № 5.* 10 г едкого натрия растворяют в 1 л воды, затем добавляют 10 г трилона Б и перемешивают до полного растворения трилона Б.

*Состав № 6.* 10-20 г лимонной (муравьиной или щавелевой) кислоты растворяют в 1 л воды.

**Контрольные вопросы:**

1 Как существуют методы очистки воды?

2 Как дезактивируют зерно?

3 Как дезактивируют корнеплоды и клубнеплоды?

4 Как проводят обработку животных?

**Тема 5 Элементы ядерной физики. Строение атома**

**Цель занятия:** Изучить строение атома.

**Содержание занятия**

При сильных электрических воздействиях электроны вырываются из атома и удаляются за его пределы. Атом, лишившийся одного или несколько электронов, превращается в *положительный ион*, а присоединивший к себе один или несколько электронов – в отрицательный. Следовательно, на каждый положительный ион образуется один отрицательный ион, т.е. возникает пара ионов. Процесс образования ионов из нейтральных атомов называется *ионизацией*. Атом в состоянии иона существует в обычных условиях чрезвычайно короткий промежуток времени. Свободное место на орбите положительного иона заполняется свободным электроном, и атом вновь становится электрически нейтральной системой. Этот процесс носит название *рекомбинации ионов* или деионизации и сопровождается выделением избыточной энергии в виде излучения. Энергия, выделяющаяся при рекомбинации ионов, количественно примерно равна затраченной на ионизацию. Таким образом, с положением электронов в электронной оболочке связан ряд свойств атома: возбуждение, ионизация и излучение энергии. Процесс ионизации атомов имеет важное практическое значение для обнаружения и дозиметрии излучений, а также для понимания биологического действия ионизирующей радиации.

*Ядро атома* состоит из двух типов частиц: протонов и нейтронов, связанных между собой огромными силами. Протоны и нейтроны имеют общее название *нуклон* (ядерная частица от греч. нуклеус – ядро); они в ядре могут превращаться друг в друга.

*Протон (р)*  – устойчивая элементарная частица с массой, равной 1,00758 а.е.м., которая примерно в 1840 раз больше массы электрона, что в абсолютном выражении составляет 1,6725∙10-24 г. Протон имеет один элементарный положительный электрический заряд, равный заряду электрона. Атом водорода представляет собой ядро, содержащее один протон, вокруг которого вращается один электрон. Если «сорвать» этот электрон, то оставшаяся часть атома и будет протоном. Поэтому протон часто определяют как ядро водорода.

Каждый атом любого элемента содержит в ядре определенное число протонов, которое постоянно и определяет физические и химические свойства элемента; так, в ядре атома серебра их 47, в ядре урана – 92. Количество протонов в ядре называется атомным номером или зарядовым числом (Z); оно соответствует порядковому номеру элемента в таблице Д.И.Менделеева.

*Нейтрон* (n) – электрически нейтральная частица, масса которой равна 1,00898 а.е.м., т.е. она так же, как и у протона, примерно равна 1 а.е.м.

Нейтрон сам по себе не стабилен. Находясь в свободном состоянии, он испускает электрон и антинейтрино и превращается в протон. Период полураспада нейтронов составляет 12,8 мин. Вследствие своей элекрической нейтральности нейтрон не отклоняется под действием магнитного поля, не отталкивается атомным ядром и, следовательно, обладает большой проникающей способностью, что создает серьезную опасность как фактор биологического действия излучения.

Нейтроны, находящиеся в ядре, дают в основном только физическую характеристику элемента, так как в разных ядрах одного и того же химического элемента может быть далеко не одинаковое количество нейтронов (1–10). В ядрах легких устойчивых элементов число протонов и нейтронов относится друг к другу как 1:1. Чем дальше расположен элемент в таблице Д.И.Менделеева (начиная с 21-го элемента ­ скандия), тем больше в его атомах число нейтронов по сравнению с протонами. Для самых тяжелых ядер число нейтронов в 1,6 раза больше числа протонов. Например, ядро урана 23892U содержит 92 протона и 146 нейтронов (238 – число нуклонов).

Масса электронной оболочки незначительна, поэтому масса ядра почти совпадает с массой атома. Сумма протонов и нейтронов в ядре называется массовым числом и обозначается *массовым числом* и обозначается буквой *А* (или *М*). Число нейтронов *N* в ядре равно разности между массовым числом и атомным номером элемента *N=A-Z.*

**Понятие об изотопах, изомерах, изобарах, изотонах**

Большинство химических элементов в природе представляет собой определенные смеси атомов с разным числом нейтронов в их ядрах. Атома, однотипные по количеству протонов (с одинаковым зарядом), но различные по числу нейтронов, называются изотопами (isos – одинаковый, topos –место). Такие элементы имеют одинаковый номер в таблице Д.И.Менделеева, но разное массовое число. Поскольку заряды ядер этих атомов одинаковые, электронные оболочки их имеют почти однотипное строение, а атомы с такими ядрами чрезвычайно близки по химическим свойствам и спектрам. Большинство (71 из 90) природных элементов представляет собой смесь 2-10 изотопов.

Атомы элемента с одинаковым массовым числом, но ядра которых находятся в различном энергетическом состоянии, называют *изомерами*. Они обладают разным периодом полураспада (*Т*), энергией и видом излучения (например, 8035Br с Т = 18 мин и 8035Br с Т = 4,4 ч;  60 27Со с Т=5,3 г и 60 27Со с Т = 10,7 мин).

В природе существуют атомные ядра разных элементов с одинаковым массовым числом, но с различным атомным номером. Такие атомы называют *изобарами* (например, 4018Аr, 4019К, 4020Са). атомные ядра разных элементов с равным числом нейтронов называют изотопами (136С и 147N; в ядре первого 6 *р* и 7 *n*, в ядре 7 *р* и нейтронов тоже 7).

**Контрольные вопросы:**

1 Из каких элементов состоит атом?

2 Дайте характеристику протону, нейтрону.

3 Какие элементы называются изотопами?

4 Какие элементы называются изомерами?

5 Какие элементы называются изобарами?

6 Какие элементы называются изотонами?

**Тема 6 Явление радиоактивности**

**Цель занятия:** Изучить явление радиоактивности

**Содержание занятия**

В конце прошлого столетия были сделаны два крупнейших открытия. В 1895г. В Рентген обнаружил лучи, которые возникали при пропускании тока высокого напряжения через стеклянный баллон с разряженным воздухом, в 1896 г. А. Беккерель открыл явления радиоактивности. А. Беккерель обнаружил, что соли урана самопроизвольно испускают невидимые лучи, вызывающие почернение фотопластинки и флуоресценцию некоторых веществ. В 1898г. Супруги Пьер Кюри и Мария Склодовская-Кюри открыли еще два элемента- полоний и радий, которые давали подобные излучения, но интенсивность их во много раз превышала интенсивность излучения урана. Впоследствии были установлены свойства этих излучений и определена их природа. Кроме того, было обнаружено, что радиоактивные вещества непрерывно выделяют энергию в виде тепла.

Явление самопроизвольного излучения было названо *радиоактивностью,* а вещества испускающие излучения –*радиоактивными.*

*Радиоактивность* – это свойство ядер определенных элементов самопроизвольно (т.е. без каких-либо внешних воздействий) превращаться в ядра других элементов с испусканием особого рода излучения, называемого *радиоактивным излучением.* Само явление называется *радиоактивным распадом.* На скорость течения радиоактивных превращений не оказывают никакого воздействия изменения температуры и давления, наличие электрического и магнитного полей, вид химического соединения данного радиоактивного элемента и его агрегатного состояния.

Радиоактивные явления, происходящие в природе, называются *естественной радиоактивностью*; аналогичные процессы, происходящие в искусственно полученных веществах (через соответствующиеядерные реакции), - *искусственной радиоактивностью.* Однако, деление это условно, так как оба вида радиоактивности подчиняются одним и тем же законам.

**Естественная радиоактивность и радиоактивные семейства**

Радиоактивные элементы распространены в природе в ничтожных количествах. Они содержатся в твердых породах земной коры, в воде, в воздухе, а так же в растительных и животных организмах, в которые они попадают из окружающей среды.

В земной коре естественно- радиоактивные элементы содержатся преимущественно в урановых рудах, и почти все они являются изотопами тяжелых элементов с атомным номером более 83. Ядра тяжелых элементов неустойчивы. Они претерпевают в ряде случаев многократные последовательные ядерные превращения. В результате возникает целая цепочка радиоактивных распадов, в которой изотопы оказываются генетически связанных между собой. Такая цепочка- совокупность всех изотопов ряда элементов, возникающих в результате последовательных радиоактивных превращений из одного материального элемента, называется *радиоактивным семейством или рядом.* Семейство названы по первым элементам, с которых начинаются радиоактивные превращения, т.е. по их родоначальникам.

В настоящее время известно три естественно- радиоактивных семейства: урана-радия (23892  U-Ra), тория (23290 Th) и актиния (23589 Ac). Исходный элемент семейства урана 23892 U в результате 14 последовательных радиоактивных превращений (восьми альфа- и шести бета -превращений), переходит в устойчивый изотоп свинца 20682 Pb. Поскольку это семейство включает в себя очень важный радиоактивный элемент – радий, а так же продукты его распада, то оно часто обозначается как семейство урана-радия.

Родоначальник семейства тория 23290 Th путем десяти последовательных превращений (шести альфа – и четырех бета превращений) переходит в стабильный изотоп свинца 20882 Pb.

Родоначальником семейства актиния является изотоп урана 23592 U, который раньше называли актиния-урана AcU . Так как среди членов ряда имеется изотоп актиния 22789 Ac, то это семейство получило названия семейства актиния или актиния-урана. Путем одиннадцати превращений (семи альфа- и четырех бета превращений) 23592 U переходит в стабильный изотоп свинца 20582 Pb. Для родоначальных элементов указанных семейств характерно, что они обладают очень большим периодом полураспада.

**Характеристика радиоактивных излучений**

Радиоактивное излучение невидимо. Оно обнаруживается с помощью различных явлений, происходящих при его действии на вещество (свечение люминофоров или флуоресцирующих экранов, ионизация вещества, почернение фотоэмульсии после проявления и т.п.).

Характер испускаемого радиоактивными веществами излучения изучен как по поглощению его в веществе, так и по отклонению этих лучей в электрическом и магнитном поле. Было обнаружено, что радиоактивное излучение в поперечном магнитном поле разделяется обычно на три пучка. Пока не была выяснена природа этих излучений, лучи отклоняющиеся к отрицательно заряженной пластинке, условно были названы альфа-лучами, отклоняющиеся к положительно заряженной пластинке – бета-лучами, а лучи, которые совсем не отклонялись, были названы гамма-лучами. Такое разделение радиоактивного излучения в электрическом поле позволило установить, что только гамма-лучи представляют собой истинные лучи, так как они даже в сильном электрическом или магнитном поле не отклоняются; альфа - и бета-лучи являются заряженными частицами и способны отклоняться.

*Альфа-частицы* (α) представляют собой ядра атомов гелия (42 Н) и состоят из двух протонов и двух нейтронов, они имеют двойной положительный заряд и относительно большую массу, равную 4,003 а.е.м. Эти частицы превышают массу электрона в 7300 раз; энергия их колеблется в пределах 2-11 МэВ. Для каждого данного изотопа энергия α-частиц постоянна. Пробег альфа-частиц в воздухе составляет в зависимости от энергии 2-10 см, в биологических тканях – несколько десятков микрон. Так как альфа-частицы массивны и обладают сравнительно большей энергией, путь их в веществе прямолинеен; они вызывают сильно выраженные эффекты ионизации и флуоресценции. В воздухе на 1 см пути альфа-частица образует 100-250 тыс. пар ионов. Поэтому альфа-излучатели при попадании в организм крайне опасны для человека и животных.

Вся энергия α-частиц передается клеткам организма, и наносит им вред

*Бета-излучение* (β) представляет поток частиц (электроны или позитроны), испускаемых ядрами при бета-распаде. Физическая характеристика электронов ядерного происхождения (масса, заряд) такая же, как и у электронов атомной оболочки.

В отличие от α-частиц бета-частицы одного и того же радиоактивного элемента обладают различным запасом энергии (от нуля до некоторого максимального значения).

Поскольку β-частицы одного и того же радиоактивного элемента имеют различный запас энергии, то величина их пробега в одной и той же среде будет неодинаковой. Путь бета-частиц в веществе извилист, так как, обладая крайне малой массой, они легко изменяют направление движения под действием электрических полей встречных атомов. β-частицы обладают меньшим эффектом ионизации, чем альфа-излучение. Они образуют 50-100 пар ионов на 1 см пути в воздухе и имеют «рассеянный тип ионизации».

Пробег β-частиц в воздухе может составлять в зависимости от энергии до 25 м, в биологических тканях – до 1 см.

*Гамма-излучение* (γ) представляет собой поток электромагнитных волн; это как и радиоволны, видимый свет, ультрафиолетовые и инфракрасные лучи, а также рентгеновское излучение. Различные виды электромагнитного излучения отличаются условиями образования и определенными свойствами (длиной волны и энергией).

Рентгеновское излучение возникает при торможении быстрых электронов в электрическом поле ядра атомов вещества (тормозное рентгеновское излучение) или при перестройке электронных оболочек атомов при ионизации и возбуждении атомов и молекул (характеристическое рентгеновское излучение). При различных переходах атомов и молекул из возбужденного состояния в невозбужденное может происходить испускание лучей. Гамма-кванты – это излучение ядерного происхождения. Они испускаются ядрами атомов при альфа- и бета-распаде природных и искусственных радионуклидов в тех случаях, когда в дочернем ядре оказывается избыток энергии, не захваченный корпускулярным излучением (α- или β-частицей). Этот избыток мгновенно высвечивается в виде гамма-квантов.

Гамма-кванты лишены массы покоя. Это значит, что фотоны существуют только в движении. Они не имеют заряда и поэтому в электрическом и магнитном поле не отклоняются. В веществе и вакууме гамма-излучение распространяется прямолинейно и равномерно во все стороны от источника. Скорость распространения излучения в вакууме равняется скорости света (3·10 10 см/с).

Энергия гамма-излучения естественных радиоактивных элементов колеблется от нескольких кэВ до 2-3 МэВ и редко достигает 5-6 МэВ.

Гамма-кванты, не имея заряда и массы покоя, вызывают слабое ионизирующее действие, но обладают большой проникающей способностью. Путь пробега в воздухе достигает 100-150 м.

**Контрольные вопросы:**

1 Что такое радиоактивность?

2 Виды радиоактивности.

3 Дайте характеристику альфа частицам.

4 Дайте характеристику бетта частицам.

5 Дайте характеристику гамма излучению.

**Тема 7 Взаимодействие радиоактивных излучений с веществом**

**Цель занятия:** 1 Изучить взаимодействие альфа-частиц с веществом

2 Изучить взаимодействие бета-частиц с веществом

3 Изучить взаимодействие гамма излучения с веществом

**Содержание занятия**

Обнаружение и регистрация всех видов ядерных излучений (α-, β-частицы, γ-кванты, нейтроны и т.д.), выбор материала для защиты, оценка биологического действия излучений основаны на эффектах, которые возникают при взаимодействии излучений с веществом. Для понимания принципов этих явлений необходимо знать, каким образом различные по природе излучения взаимодействуют с веществом.

**Взаимодействие альфа- и бета-частиц с веществом**

Заряженные частицы, проходя через вещество, постепенно теряют энергию в основном в результате взаимодействия с электронами атомов, а также с электрическим полем ядра. В процессе взаимодействия с электронами атомов кинетическая энергия α- и β-частиц растрачивается на ионизацию, т.е. на отрыв электронов от атома, и на возбуждение атомов и молекул (ионизационные потери энергии). Взаимодействуя с электрическим полем ядра, заряженная частица тормозится и меняет направление своего движения, при этом происходит испускание излучения, которое по своей характеристике близко к рентгеновскому и называется *тормозным рентгеновским излучением.* Уменьшение кинетической энергии заряженных частиц в электрическом поле ядра составляет радиационные потери, которые будут тем значительнее, чем больше порядковый номер атомов среды (плотность вещества) и энергия частиц. Исходя из этого, в практической работе для защиты от бета-излучения целесообразно использовать материалы малой плотности, такие, как плексиглас, стекло, полимеры и т.п.

В воздухе на 1 см пути α-частица образует несколько десятков тысяч пар ионов, в то время как β-частица – 50 – 100 пар ионов.

Проходя через вещество, заряженные частицы постепенно теряют энергию и скорость, поэтому плотность ионизации вдоль пути частицы возрастает и достигает наибольшей величины в конце пути. Процесс ионизации будет происходить до тех пор, пока энергия α- и β-частиц будет способна производить ионизацию. В конце пробега α-частица присоединяет к себе два электрона и превращается в атом гелия, а β-частица (электрон) может включиться в один из атомов среды или на какое-то время остается свободным электроном.

Путь, проходимый α- или β-частицей в веществе, на протяжении которого она производит ионизацию, называется ***пробегом частицы****.* Пробег α-частиц в воздухе может достигать 10 см, а в мягкой биологической ткани – нескольких десятков микрон. Пробег бета-частиц в воздухе достигает 25 см, а в биологической ткани до 1 см.

**Взаимодействие гамма – излучателя с веществом**

При радиоактивном распаде ядра испускают γ-кванты с энергией в пределах от нескольких кэВ до нескольких МэВ. Гамма- кванты при прохождении через вещество теряют энергию практически за счет трех эффектов: фотоэлектрического поглощения (фотоэффект), комптоновского рассеяния (комптонэффект), образования электронно-позитронных пар (образование пар). Относительная величина каждого из этих эффектов зависит от атомного номера поглощающего материала и энергии фотона.

При ***фотоэлектрическом поглощении***γ-квант, сталкиваясь с прочно связанным электроном ( чаще электронами К-слоя) в атомах облучаемого вещества , полностью передает ему свою энергию, сам исчезает , а электрон приобретает ему свою энергию , равную энергии Ý-кванта минус энергия связи электрона в атоме. Таким образом, при фотоэффекте вся энергия первичного γ-кванта преобразуется в кинетическую энергию фотоэлектронов, которые ионизируют атомы и молекулы. На освободившееся место в орбите К-слоя перескакивает электрон L-слоя, на L-слой-электрон М-слоя и т.д. с высвечиванием квантов характеристического рентгеновского излучения.

Фотоэлектрическое поглощение преобладает тогда, когда энергия γ-кванта не превышает 0,05 МэВ, а поглотитель представляет собой вещество с большим атомным номером (например, свинец).

Процесс фотоэффекта невозможен на слабосвязанных и свободных электронах (не связанных с атомом), так как они не могут поглощать γ-квант.

В воздухе, воде и биологических тканях фотоэлектрическое поглощения составляет 50% при энергии γ -квантов порядка 60 кэВ. При E γ 120 кэВ доля фотоэлектрического поглощения составляет около 10%. В этом случае γ -излучение ослабляется за счет комптоновского рассеяния.

При ***комптоновском эффекте***γ-кванты, сталкиваясь с электронами, передают им не всю свою энергию, а только часть ее и после соударения изменяют свое направление движения, т.е. рассеиваются. Образовавшиеся вследствие соударения с γ-квантами электроны (электроны отдачи) приобретают значительную кинетическую энергию и растрачивают ее на ионизацию вещества (вторичная ионизация).

В отличие от процесса фотоэлектрического поглощения при комптонэффекте γ-кванты взаимодействуют с внешними, валентными электронами, энергия связи которых минимальная. Комптоновское рассеяние возможно на свободных электронах.

Таким образом, в результате комптонэффекта интенсивность гамма-излучения ослабляется за счет того, что γ-кванты, взаимодействуя с электронами среды, рассеиваются в различных направлениях и уходят за пределы первичного пучка, а также за счет передачи электронам части своей энергии.

***Образование пар****.* Некоторые γ-кванты с энергией не ниже 1,02 МэВ, проходя через вещество, превращаются под действием сильного электрического поля вблизи ядра атома в пару – «электрон – позитрон». В данном случае происходит преобразование одной формы материи – гамма – излучений в другую - в частицы вещества.

Образовавшаяся электронно - позитронная пара в дальнейшем исчезает (аннигилирует), превращаясь в два вторичных γ-кванта с энергией, равной энергетическому эквиваленту массы покоя частиц-0,511 МэВ. Вторичные γ -кванты способны вызвать лишь комптонэффект, т.е. терять энергию только при соударениях с электронами. Вероятность процесса образования пар увеличивается с увеличением энергии γ-квантов и плотности поглотителя.

Гамма-лучи высоких энергий (более 8 МэВ) могут взаимодействовать с ядрами атомов (ядерный эффект). Вероятность такого эффекта весьма мала, и этот вид взаимодействия практически не ослабляет излучений в веществе.

**Контрольные вопросы:**

1 Как взаимодействуют альфа-частицы с веществом?

2 Как взаимодействуют бетта-частицы с веществом?

3 Как взаимодействуют гамма-кванты с веществом?

**Тема 8 Биологическое действие ионизирующих излучений. Действие на нервную систему, кожу, ткани и органы чувств**

**Цель занятия:**

1 Изучить влияние ионизирующих излучений на нервную систему.

2 Изучить влияние ионизирующих излучений на органы чувств.

3 Изучить влияние ионизирующих излучений на соединительную ткань, кожу, кости.

**Содержание занятия**

**Влияние ионизирующих излучений на нервную систему**

И.Р.Тарханов (1896), Е.С.Лондон (1903,1904), М.О.Жуковский (1903) и другие ученые установили высокую чувствительность нервной системы к радиационным воздействиям. И.Р.Тарханов, изучая влияние рентгеновского облучения на двигательную активность лягушки, установил удлинение времени рефлекса.

Е.С. Лондон в экспериментах на мышах установил, что облучение головы лучами радия приводит к функциональным (вялость, парезы, параличи) и морфологическим изменениям в коре больших полушарий. М.О.Жуковский обнаружил, что лучи радия вначале вызывают повышение, а затем снижают возбудительные процессы коры мозга.

Нервная система у молодых животных более радиочувствительна.

После общего облучения в очень высоких дозах (5000 Р и выше) или локального облучения головы у животных развивается центральный нервно-системный синдром. Иногда его называют мозговым синдромом. При этом виде лучевого поражения характерными будут признаки менингита, энцефалита, отека мозга; исход поражения, как правило, летальный – животное погибает в течение первых часов и реже 2-3 суток.

**Влияние ионизирующей радиации на органы чувств**

Реакции на облучение слухового, вкусового, обонятельного, вестибулярного и других анализаторов в принципе проявляют общую закономерность и в начале процесса зависят от исходного состояния чувствительности. При малых дозах они повышаются, при больших – понижаются. При малых воздействиях отмечается в основном только функциональные сдвиги, а при больших и морфологические изменения.

*Влияние ионизирующих излучений на глаза*. О чувствительности тканей глаз к воздействию радиации стало известно уже через год после открытия рентгеновских лучей. Позднее было прослежено, что при остром лучевом поражении может возникнуть патология, например сосудистые расстройства в любом из отделов глазного яблока как следствие общих изменений организма. При местном облучении появляются сосудистые реакции, конъюнктивиты и другие расстройства. Реакции сетчатки глаза на облучение регистрируются на электроретинограмме уже впервые 10 мин после облучения. При облучении сетчатки происходит гибель палочек. Клинически в этих случаях наблюдается потеря зрачкового рефлекса на свет, ослабление, временная или постоянная потеря зрения. При малых дозах облучения, 2-20 Р, в роговице наступают временные проходящие изменения, при дозах 250 Р и выше могут развиться необратимые морфологические нарушения, приводящие к снижению и потере чувствительности роговицы.

Одним из тяжелых последствий облучения глаз является изменение хрусталика, которое завершается лучевой катарактой.

Пороговая доза рентгеновских и гамма-лучей при местном облучении для развития катаракты примерно равна 15-20 Р.

**Влияние ионизирующих излучений на ткани**

**Действие ионизирующего излучения на кожу*.*** Одним из признаков лучевого заболевания животного, вызванного внешним облучением, является поражение кожи. При облучении кожи в первую очередь изменяется ее чувствительность. При местном облучении кожная чувcтвительность зависит от исходного состояния: при повышенной возбудимости она снижается, при пониженной – повышается. Изменения реакций кожных рецепторов начинают регистрироваться с участков кожи при местном облучении в дозе 2 Р. С повышением дозы воздействия наступают морфологические изменения рецепторных образований кожи.

Более чувствительными к ионизирующему излучению являются клетки базального слоя кожи, волосяных луковиц и сосочков, потовых и сальных желез. Основным проявлением повреждающего действия радиации являются трофические нарушения, ослабляющие процессы физиологической регенерации. В результате этого прекращаются и нарушения митозы, появляются многоядерные клетки, атрофия или исчезновение волосяных фолликулов, частичная или полная атрофия сальных желез, истончение эпидермиса, а иногда гиперкератоз. Гамма-облучение в летальных дозах приводит к снижению бактерицидных свойств кожи и повышенному микробному обсеменению.

У различных видов животных реакция кожи, на облучение проявляется соответственно ее структуре. Например, у овец отмечается выпадение шерсти, иногда до полного облысения; у свиней – покраснение и кровоизлияние. Покраснение кожи у людей служило мерой облучения, которую назвали кожно-эритемной дозой. При местном облучении кожи в больших дозах возникают лучевые ожоги.

Послелучевые изменения в коже обычно протекают волнообразно, первая волна сменяется периодом затухания процессов, за которым следует вторая волна развития биохимических изменений иногда с четко выраженными признаками дерматита. В последующем кожа становится сухой, складчатой. Сроки и степень проявления того или иного признака повреждения кожи зависит от дозы облучения. При летальных дозах они возникают на 3–4- день и продолжаются до гибели животного. При длительном облучении воспаление кожи также принимает хроническое течение, что может привести к развитию рака.

**Влияние излучений на соединительную ткань**

Различают рыхлую и плотную соединительную ткань. Типичным представителем рыхлой соединительной ткани является подкожная клетчатка, а плотной – сухожилия и связки. Соединительная ткань, по существу является одной из первых тканей, на которой впервые установлено биологическое действие ионизирующих излучений. Уже в 1896 г. были описаны изменения в коже, возникающие под влиянием рентгеновского облучения. После воздействия радиации изменяются клеточный состав соединительной ткани, структура эластических и коллагеновых волокон. Последние становятся базофильными, разбухают, теряют фибриллярность, в последующем они перерождаются и разрушаются.

Поражения соединительной ткани кожи клинически проявляются воспалительной реакцией, а в тяжелых случаях – развитием лучевых язв с последующим разрастанием плотной соединительной ткани (образование рубцов).

В условиях облучения изменяется клеточный состав соединительной ткани. Характерным является уменьшение числа клеток, особенно фибробластических элементов и относительное увеличение плазматических клеток. Появляются двухъядерные и многоядерные клетки, гигантские и дегенеративно измененные формы фибробластов со сморщенными ядрами, вакуолинизированной цитоплазмой. У животных, имевших лучевую травму происходит ускорение старения тканей.

**Воздействие ионизирующих излучений на кости, хрящи и мышцы**

Радиочувствительнсть костной и хрящевой тканей существенно зависят от возраста животного. У молодых растущих индивидуумов указанные ткани очень чувствительны, а у половозрастных, с законченным ростом, – относительно радиорезистентны. Хрящевые клетки более чувствительны. При облучении среднелетальными дозами у всех видов животных обнаруживаются изменения в костной и хрящевой тканях. Обычно нарушения первоначально возникают в местах соединения хряща с губчатой костью – происходит их разъединение. У молодых животных временно прекращается рост костей. При более высоких дозах воздействия возможны некрозы и переломы костей.

Мышечная ткань – наиболее радиорезистентая ткань, морфологические изменения ее возникают при местном облучении несколькими тысячами рентген.

**Контрольные вопросы:**

1 Как влияет ионизирующее излучение на ткани?

2 Как влияет ионизирующее излучение на органы чувств?

3 Как влияет ионизирующее излучение на кожу?

4 Как влияет ионизирующее излучение на соединительную ткань?

5 Как влияет ионизирующее излучение на кости, хрящи и мышцы?

**Тема 9 Биологическое действие ионизирующих излучений. Действие на сердечно-сосудистую систему, органы дыхания, пищеварения**

**Цель занятия:**

1 Изучить влияние ионизирующих излучений на сердечно-сосудистую систему.

2 Изучить влияние ионизирующих излучений на органы дыхания.

3 Изучить влияние ионизирующих излучений на органы пищеварения.

**Содержание занятия**

**Влияние ионизирующего излучения на органы пищеварения**

Все органы пищеварения проявляют реакции на ионизирующее облучение. По степени радиочувствительности они распределяются следующим образом: тонкий кишечник, слюнные железы, желудок, прямая и ободочная кишка, поджелудочная железа и печень. При воздействии большими дозами радиации на весь организм или только на область живота в первую очередь наступает быстрое и сильное поражение кишечника, в результате чего развивается желудочно-кишечный синдром. Среднелетальные и более высокие дозы вызывают выраженные функциональные и морфологические изменения в кишечной стенке. В пораженном эпителии слизистой оболочки уже в первые часы прекращается деление клеток и наступает их гибель. Происходит клеточное оголение ворсинок кишечника; это сопровождается выходом плазмы крови в кишечник. Уменьшение объема плазмы приводит к коллапсу и шоку. Большую роль при заболевании животного играет также снижение барьерно-иммунной функции кишечной стенки, в результате этого микрофлора кишечника попадает внутрь организма и вызывает токсикоз и сепсис. Средние сроки наступления смерти при желудочно-кишечном синдроме 7-10 дней.

Клиническое проявление лучевого поражения желудочно-кишечного тракта четко выявляется у большинства видов животных. Так, у мясо- и всеядных животных уже через несколько часов после облучения в летальных дозах наблюдается тошнота, рвота, понос, которые через 1 – 3 дня могут исчезать, а затем вновь появляться в разгар лучевой болезни.

***Слюнные железы*** отвечают на действие радиации количественными и качественными сдвигами секреции. Интенсивность ее протекает волнообразно, при этом может изменяться соотношение составных частей или появляются вещества, несвойственные нормальной слюне. Например, у облученных собак в слюне обнаруживается амилаза, которая до облучения отсутствует.

***Желудок*.** Секреция желудочных желез при общем облучении в малых дозах изменяется в зависимости от исходного состояния: при гиперсекреции – понижается, гипосекреции – повышается. При этом изменяются количество отделяемого желудочного сока и его переваривающая сила. Большие дозы лучевого воздействия угнетают желудочную секрецию и приводят к массивным морфологическим изменениям – кровоизлияниям, катарам, язвам и т.п.

***Кишечник*.** Секреторная и ферментативная функции тонкого отдела кишечника, особенно двенадцатиперстной кишки, как при локальном, так и при общем облучении изменяются волнообразно: в первые дни наступает повышение, затем снижение, которое продолжается до развития восстановительных процессов, а при тяжелых случаях – до гибели животного.

При тяжелой форме острой лучевой болезни у животных в первые сутки отмечается нарушение перистальтики, снижается секреция и активность ферментов в кишечнике.

У молодняка реакция кишечника на облучение проявляется при меньших дозах, и она более выражена, чем у взрослых животных. При летальных дозах облучения происходит ускоренный переход воды и натрия из крови в кишечник, т.е. наоборот, по сравнению с нормальным состоянием. Нормализация функционального состояния отделов желудочно-кишечного тракта происходит в разные сроки, иногда растягиваясь на несколько месяцев.

***Поджелудочная железа****.* О реакциях поджелудочной железы на лучевое облучение первые сведения появились в 1904 г. Французскими исследователями было установлено усиление синтеза амилазы в поджелудочной железе. В последующие годы выявлен переменный характер изменения функции и структуры панкреотической железы в зависимости от дозы облучения: малые – стимулируют образование ферментов, большие угнетают выделение панкреотического сока, снижает активность амилазы, липазы, трипсина и вызывают кровоизлияния, дегенеративные и некротические процессы в железистой ткани.

***Печень*.** По морфологическим изменениям ткани после облучения печень относят к радиорезистентным органам. При общем облучении среднелетальными дозами понижается активность каталазы и окислительного фосфорилирования, повышается активность щелочной фосфотазы. Угнетаются процессы желчеобразования, изменяются обмен холестерина в паренхиматозных клетках и качественный состав желчи, нарушается процесс эвакуации ее в просвет кишечника. Изменяется белковый, жировой, углеводный обмены в печени. Возникают дегенеративные процессы, очаги кровоизлияний и некрозов в печеночной ткани.

**Влияние ионизирующих излучений на сердечно-сосудистую систему**

***Сердце.*** Реакция сердца на облучение проявляется довольно рано – изменяются ритм сокращений и электрокардиограмма, наблюдаются биохимические и гистохимические сдвиги в миокарде, возникают и другие нарушения. Наиболее радиочувствительной тканью является эндотелий эндокарда.

***Кровеносные сосуды***. Малые дозы излучения вызывают в сосудах изменение их тонуса и реактивности к раздражителям. Кровяное давление понижается. Биохимические и морфологические изменения при облучении отмечаются во всех слоях сосудистой стенки.

Появляется ломкость сосудов и повышается их проницаемость, которые в сочетании с тромбоцитопенией приводят к обширным и множественным геморрагиям в различных участках тела. В тяжелых случаях развиваются склеротические изменения в сосудах.

**Реакция крови на ионизирующее излучение**

***Изменение числа лейкоцитов***. При облучении рентгеновскими лучами в среднелетальных дозах и выше в первые минуты, часы наблюдается кратковременное незначительное уменьшение числа лейкоцитов (I фаза). В этот период отмечается изменение цветной реакции лейкоцитов, что свидетельствует о ранних нарушениях нуклеинового обмена в клетках.

Вслед за кратковременным снижением количества лейкоцитов через 6-8 ч наблюдается их увеличение на 10–15 % от исходного уровня (II фаза). К концу суток количество лейкоцитов резко снижается и удерживается на низком уровне длительное время (III фаза).

Наиболее выраженное снижение общего количества лейкоцитов при облучении взрослых животных полулетальными дозами отмечается на 2–3-й неделе после воздействия. В данный период число лейкоцитов снижается в 3 раза и более по отношению к нормальным показателям.

Изменения общего количества лейкоцитов в периферической крови первые 1–2 ч после лучевого воздействия являются следствием вегетативно-сосудистых реакций перераспределения крови, ибо гибель клеток в данный период незначительная, и это не может резко влиять на общее количество лейкоцитов. Изменения числа лейкоцитов в последующие сроки главным образом связано с нарушениями костномозгового кроветворения.

***Изменения числа лимфоцитов***. Наиболее радиочувствительной клеткой крови является лимфоцит, поэтому изменения количества лимфоцитов является достаточно объективным показателем степени лучевого поражения организма. Продолжительность жизни лимфоцитов в крови здоровых животных может быть от нескольких часов до 1–2 суток.

При воздействии радиации в первую очередь уменьшается количество лимфоцитов по сравнению с другими видами. При облучении дозой ЛД50/30  наибольшее снижение лимфоцитов наблюдается через 1–3 суток. В этот период отмечаются и морфологические изменения лимфоцитарных клеток, начинают преобладать малые лимфоциты, появляются двухядерные клетки, токсическая зернистость и вакуолизация ядра и протоплазмы и другие патологические формы.

***Изменение числа эритроцитов***. В сравнении с лейкоцитами радиочувствительность эритроцитов мала. При облучении животных в сублетальных дозах количество эритроцитов в крови практические не изменяется, не происходит снижения уровня гемоглобина.

Изменения в картине красной крови наиболее характерны при воздействии полулетальными дозами. В течение первых 1–3 суток после облучения наблюдается увеличение числа клеток и содержания гемоглобина в 1 мм3  крови на 10–15 %, затем следует период развития анемии с максимумом проявления ее на 15–20-е сутки, когда количество эритроцитов и гемоглобина снижается в 2–3 раза и более. Одновременно с количественными сдвигами наблюдаются морфологические и биохимические нарушения в эритроцитах.

***Изменение числа тромбоцитов****.* По радиочувствительности тромбоциты занимают среднее положение между лейкоцитами и эритроцитами. При облучении средне летальными дозами количество тромбоцитов до пятого дня удерживается относительно на одном уровне, а затем резко падает, опускаясь до минимума на 9–10-й день. В эти сроки у животных, больных острой лучевой болезнью, появляются геморрагии, а при больших дозах развивается геморрагический синдром.

**Влияние ионизирующего излучения на органы дыхания**. После малых и сублетальных доз радиации визуально не регистрируется каких-либо изменений со стороны органов дыхания, но при воздействии больших доз четко появляются нарушения внешнего дыхания: изменяется частота и глубина дыхательных движений. В легких быстро возникают застойные явления, появляется эмфизема.

**Влияние ионизирующего излучения на органы выделения**. Почки относят к радиочувствительным органам. Пороговая доза при локальном облучении почек составляет 3–5 кР. При острой лучевой болезни во всех случаях отмечается поражение почек и мочевыводящих путей – кровоизлияния различной интенсивности, застойные явления и дегенеративно-дистрофические изменения. Наиболее показательным признаком поражения при острой лучевой болезни является изменение функции канальцев, в результате чего изменяется диурез. Последствием лучевого поражения почек может быть нефросклероз, морфологические и функциональные нарушения мочевого пузыря.

**Воздействие ионизирующего излучения на кости, хрящи и мышцы.** Радиочувствительность костной и хрящевой тканей существенно зависят от возраста животного. У молодых растущих индивидуумов указанные ткани очень чувствительны, а у половозрелых, с законченным ростом, – относительно радиорезистентны. Хрящевые клетки более чувствительны. При облучении среднелетальными дозами у всех видов животных обнаруживаются изменения в костной и хрящевой тканях. Обычно нарушения первоначально возникают в местах соединения хряща с губчатой костью – происходит их разъединение. У молодых животных временно прекращается рост костей. При более высоких дозах воздействия возможны некрозы и переломы костей.

Мышечная ткань – наиболее радиорезистентная ткань, морфологические изменения ее возникают при местном облучении несколькими тысячами рентген.

**Контрольные вопросы:**

1 Как влияет ионизирующее излучение на органы пищеварения?

2 Как изменяется количество форменных элементов крови после воздействия излучения?

3 Какие изменения происходят в органах дыхания, органах выделения?

4 Какие изменения происходят в костной и хрящевой тканях?

**Тема 10 Метаболизм и токсикология йода-131**

**Цель:** Изучить токсикологию молодых продуктов деления

**Содержание занятия**

Известно 24 радиоактивных изотопов йода. Все они искусственные и являются продуктами ядерных реакций. Наиболее важным путем образования радиоактивных изотопов йода является реакция деления тяжелых ядер. Впервые радиоактивный йод (йод-128) получил E. Fermi из стабильного йода -127 относится к группе Б.

Йод как химически активный элемент реагирует со многими веществами, образуя йодаты, йодиды. Физико-химические формы йода и скорость его осаждения зависят от температуры, окислительного и восстановительного характера среды, в которую поступает йод, от типов контактирующих с ним веществ.

Радиоактивные изотопы йода могут поступать в организм животных через органы пищеварения, дыхания, кожу, конъюнктиву, раны и т.п.

Йод является активным биогенным элементом, при попадании в организм он полностью всасывается в кровь и до 60% откладывается в щитовидной железе. Период полураспада йода -131 – 8,04 дня.

У лактирующих коров с 1 л молока выделяется около 1% поступившего в организм за день количества йода-131. В желток куриных яиц при длительном поступлении йода-131 переходит до 16%, в белок – до 1% от суточного количества.

Токсическое действие радиоактивного йода проявляется, прежде всего, в поражении щитовидной железы. В малых дозах радиоактивные изотопы йода не вызывают заметных нарушений тиреоидной ткани. Большие дозы йода-131 у всех животных приводят к разрушению щитовидной железы и замещению ее паренхимы соединительной тканью.

При интоксикации йодом -131 возникают существенные изменения в нервной и эндокринной системах. Изотопы йода в заметных количествах накапливаются в легких и обуславливают возникновение бронхитов и пневмоний. Отмечаются жировые перерождения печени, функциональные и морфологические изменения в почках, органах размножения и эндокринных железах. Нарушение функции паращитовидной железы приводит к нарушению кальциевого обмена.

Йод-131 вызывает изменения в кроветворных органах, которое проявляется нарушением картины крови, снижением количества лимфоцитов и развитием анемии.

**Контрольные вопросы:**

1 Дайте определение радиотоксикологии.

2 От чего зависит токсичность радионуклидов?

3 Какие органы являются критическими для йода-131?

**Тема 11 Метаболизм и токсикология цезия-137 и стронция -90**

**Цель:** Изучить токсикологию долгоживущих продуктов деления

**Содержание занятия**

**Токсикология цезия-137**

Из радиоактивных изотопов цезия наибольшую биологическую опасность представляет цезий-137-β и γ-излучатель. Период полураспада 30 лет. Он является продуктом деления тяжелых ядер и по степени радиотоксичности относится к группе В (среднетоксичные радионуклиды).

При попадании в организм с кормом, цезий-137 может всасываться в кровь полностью и равномерно распределяться по тканям и органам. Для радиоактивного Сs-137 критическим органом является мускулатура.

У коров и овец в период установившегося равновесия с 1 л молока выделяется цезия 1,25% от суточного поступления. В период беременности цезий легко проникает из организма матери в плод. При хроническом поступлении изотопа в организм самки происходит относительное выравнивание концентрации цезия-137 в тканях матери и плода.Передача изотопа через молоко происходит более интенсивно в первый месяц вскармливания.

**Токсикология стронция -90**

Из радиоактивных изотопов стронция наибольшую биологическую опасность представляется стронций -90. Sr-90 является долгоживущим изотопом, его период полураспада равен 28 годам. Особенностью действия Sr-90 является депонирование его в скелете, остается там длительное время, постоянно облучая ткани, и поэтому в костной ткани и кроветворном костном мозге изменения поступают в значительно большей степени, чем других органах и тканях организма. Характер патологического процесса и интенсивность его развития при попадании его в организм радиоактивного стронция в основном зависят от дозы и времени поступления изотопа.

Большие дозы стронция-90 вызывают лучевую болезнь, которая протекает остро и подостро. При длительном поступлении в организм стронция-90 в относительно малых дозах также может развиваться лучевая болезнь или же обнаруживаются радиационные поражения в виде торможения роста, укорочения продолжительности жизни животного, понижения продуктивности и других последствий.

Животные постепенно слабеют, ухудшается аппетит, уменьшается масса животного, которая совпадает с развитием желудочно-кишечных расстройств. Шерсть становится взъерошенной, теряет блеск, выпадает. Кожа теряет эластичность. На слизистых оболочках появляются точечные кровоизлияния, в ротовой полости развиваются язвы.

При отравлении радиоактивным стронцием отмечаются нарушения функционального состояния нервной системы. В острых и подострых случаях вначале развивается возбуждение, которое сменяется угнетением.

У растущих животных наиболее выраженные изменения проявляются в зонах роста костей, а у взрослых животных – в длинных трубчатых костях. Патологические процессы в скелете при поражении стронцием-90 имеют медленно прогрессирующее развитие.

**Контрольные вопросы:**

1 Дайте определение радиотоксикологии.

2 От чего зависит токсичность радионуклидов?

3 Какие органы являются критическими для цезия – 137, стронция – 90?

**Тема 12 Определение в молоке йода-131**

**Цель занятия:** Освоить метод выделения 131I.

**Содержание занятия**

131I обладает высокой летучестью и является химически активным элементом, обладает большой способностью миграции по звеньям биологической цепи и высоким коэффициентом концентрации. Он включает в компоненты биосферы почва – вода – флора – фауна и принимает участие в биологическом цикле обмена веществ. Радиоактивный йод вследствие хорошей растворимости в воде поглощается растениями и животными. В растениях 131I прочно фиксируется и практически не удаляется с их поверхности при промывании водой.

В организм сельскохозяйственных животных 131I поступает в основном через пищеварительный тракт (особенно при пастбищном содержании животных), но может приникать и через органы дыхания, кожу, конъюнктиву, раны. Всасывание из желудочно-кишечного тракта достигает 100 %.

Из организма радиоактивный йод, как и стабильный, в результате обмена веществ выводится с мочой, калом, молоком, а у птиц с яйцами. У лактирующих коров с 1 л молока выделяется около 1 % поступившего в организм за день количества 131I. В желток куриных яиц при длительном поступлении 131I переходит до 16 %, а в белок – до 1 % суточного количества. При выпасе на территории, однократно загрязненной 131I, пик выведения его с молоком, приходится на 3-и сутки, затем наступает медленный спад, и через 3 недели выведение сокращается в 4 раза. При длительном поступлении 131I с 1 л молока выводится относительно меньшее количество изотопа. При загрязнении пастбищ «свежими» радиоактивными осадками в местностях с недостаточным содержанием йода концентрация 131I в молоке при прочих равных условиях выше, чем в местностях с нормальным содержанием йода. Выведение 131I с молоком в какой-то мере снижает депонирование его щитовидной железой, так как установлено, что у лактирующих коров концентрация 131I в железе ниже, чем у сухостойных.

Метод экстракционного метода выделения 131I из молока используют для определения содержания радиоактивного 131I в молоке, загрязненном радиоактивными продуктами деления урана и плутония.

Сущность метода заключается в том, что радиоактивный йод в молоке вместе со стабильным носителем, добавленным в пробу, окисляют до элементарного йода и экстрагируют в четыреххлористый углерод. Затем йод восстанавливают до йодид-иона и переводят в водную фазу. Из водной фазы осаждают йодид серебра, определяют массу полученного осадка и химический выход носителя, измеряют скорость счета от препарата и рассчитывают удельную радиоактивность исследуемой пробы. Другие радиоактивные изотопы, содержащиеся в молоке, при использовании данного метода практически полностью отделяются от радиоактивного йода. Для анализа берут более свежее молоко с учетом периода полураспада 131I.

**Контрольные вопросы:**

1 Как поступает йод в организм животных?

2 Каким методом производят выделение йода?

3 Как выводится йод из организма животных?

**Тема 13 Прогнозирование радиоактивности кормов по радиоактивному цезию в период преимущественно корневого пути загрязнения кормовых культур.**

**Решение тематических задач**

**Цель работы:** Научиться прогнозировать загрязненность радиоактивным цезием получаемых кормов в условиях радиоактивного загрязнения среды на разных типах почв.

**Содержание занятия**

Прогноз загрязнения растениеводческой продукции позволяет заблаговременно планировать набор культур для возделывания на загрязненных радионуклидами угодьях, их размещение по полям севооборотов с учетом плотности загрязнения почв и возможности использования получаемой продукции (продовольственные цели, фураж, промышленная переработка и др.).

Точность прогноза зависит от климатических особенностей природно-ландшафтных характеристик, содержания в почве обменного калия и других факторов.

Однако разработаны усредненные данные, которые позволяют сделать прогноз корневого загрязнения с приемлемой точностью.

Для прогноза накопления 137Сs в любом виде продукции растениеводства используется формула



,

где *С*пр – удельная активность РН в продукции, Бк/кг; *Р* – плотность выпадений, Бк/км2 ; *К*пр- коэффициент перехода РН в данную продукцию (Бк/кг)/(Бк/км2).

Для прогноза накопления радиоактивного цезия в продукцию растениеводства используют значения коэффициентов их перехода из почвы в урожай из расчета 37 кБк/м2  (1 Ки/км2), которые определены в зависимости от типа и состава почв, содержания обменного калия и реакции почвенной среды (см. Приложение 6, табл. 1 и 2).

Для прогноза уровня загрязнения конкретной культуры радионуклидами цезия необходимо коэффициенты перехода, полученные для плотности загрязнения почв 37 кБк/м2 (1 Ки/км2), умножить на величину плотности загрязнения.

***Упражнение 1****.* Определить уровень радиоактивной загрязненности сена многолетних злаковых трав 137Сs на дерново-подзолистых супесчаных почвах. Плотность загрязнения почвы по 137Сs равна 10 Ки/км2 при содержании обменного калия 150 мг/кг почвы.

По таблице 1 (см. Приложение 6) находим значение коэффициента пропорциональности (удельная радиоактивность 1 кг продукции при плотности загрязнения почв 1 Ки/км2, или 37 кБк/м2), который равен 0,80 нКи/км2 и на коэффициент 37 (для перевода нанокюри в беккерели).

Таким образом, прогнозируемое загрязнение сена 137Сs составит: 0,8 ∙10 · 37=296 Бк/кг. Полученные результаты удобно представлять в таблице 24.

***Упражнение 2.*** Определить уровень радиоактивной загрязненности сена многолетних злаковых трав 137Сs на дерново-подзолистых супесчаных почвах. Плотность загрязнения почвы по 137Сs равна 10 Ки/км2 при содержании обменного калия менее 80 мг/кг почвы.

***Упражнение 3***. Определить уровень радиоактивной загрязненности сена многолетних злаковых трав 137Сs на дерново-подзолистых суглинистых почвах. Плотность загрязнения почвы по 137Сs равна10 Ки/км2 при содержании обменного калия менее 80 мг/кг почвы.

***Упражнение 4***. Определить уровень радиоактивной загрязненности сена естественных сенокосов 137Сs на дерново-подзолистых песчаных почвах. Плотность загрязнения почвы по 137Сs равна 10 Ки/км2 при содержании обменного калия менее 80 мг/кг почвы.

**Контрольные вопросы:**

1 Что позволяет планировать прогноз загрязнения растениеводческой продукции?

2 От чего зависит точность прогноза загрязнения продукции?

**Тема 14 Нормирование поступления радионуклидов в организм сельскохозяйственных животных. Решение тематических задач**

**Цель работы:** Освоить способы нормирования радионуклидной загрязненности кормов животных с целью получения от них пригодной в пищу человека продукции в условиях радиоактивного загрязнения среды.

**Содержание занятия**

Нормирование содержания радионуклидов в рационе животных определяется составом радионуклидных выпадений, видом животных, их возрастом, направлением продуктивности и очень сильно зависит от принятой в конкретное время нормированной базы по допустимому уровню радиоактивного загрязнения продуктов питания человека.

Нормирование РН определяется предельно допустимой концентрацией (ПДК) подвижных форм радионуклидов в кормах и рационах животных.

Нормирование РН определяется предельно допустимой концентрацией (ПДК) подвижных форм радионуклидов в кормах и рационах животных.

В связи с периодическим изменением нормативной базы по предельно допустимому содержанию РН в продуктах питания человека меняется и среднедопустимая концентрация (СДК) радионуклидов в рационе животных.

Зная среднедопустимую концентрацию РН в продуктах (молоко, мясо, яйца и т.д.) и переход радионуклида из рациона животных в конкретные виды продукции, можно определить предельно допустимое содержание его в суточном рационе животных.

Для лактирующих животных ПДС определяется по формуле

*ПДС = (СДК ∙ 100)/К,*

где *ПДС* **–** предел допустимого содержания рН в рационе коровы, Бк; *СДК* – среднедопустимая концентрация этого рН в 1 л молока, Бк/л); *К* – величина перехода рН из рациона коровы в 1 л молока, % суточного поступления.

У мясопродуктивного скота ПДС в рационе рассчитывают по аналогичной форме.

Переход РН из рациона в организм животных в значительной степени зависит от их вида и возраста, поэтому у молодых животных ПДС в рационе должно быть примерно в 10 раз ниже, чем у взрослых.

*Упражнение 1* Определить предельно допустимое содержание радиоактивного цезия в суточном рационе лактирующих коров в период стойлового и пастбищного содержания.

*Упражнение 2* Определить предельно допустимое содержание радиоактивного стронция в суточном рационе лактирующих коров в период пастбищного содержания.

*Упражнение 3* Определить предельно допустимое содержание радиоактивного цезия в суточном рационе взрослого крупного рогатого скота, находящегося на откорме при привязном содержании.

*Упражнение 4* Определить предельно допустимое содержание радиоактивного цезия в суточном рационе взрослых овец, находящихся на откорме.

*Упражнение 5* Определить предельно допустимое содержание радиоактивного цезия в суточном рационе бычков 5-месячного возраста, находящихся на откорме.

*Упражнение 6*  Определить предельно допустимое содержание радиоактивного цезия в суточном рационе кур месячного направления.

**Контрольные вопросы:**

1 Какими факторами определяется нормирование содержания радионуклидов в рационе животных?

2 Что такое ПДС?

**Тема 15 Подготовка проб к радиометрии**

**Цель занятия**: освоить методику подготовки проб для прове­дения радиометрических исследований.

**Содержание занятия**

***Общие положения***

Поступившие в лабораторию пробы сверяют с описью. Хранение и предварительную подготовку проб проводят в специальном помещении, оборудованном лабораторным, сто­лом, вытяжным и сушильным шкафом, муфельной печью, приспособлениями для мытья тары, посуды и при необходи­мости проб.

Исследуемый материал перед взятием средней пробы тщательно перемешивают, обрабатывают как на первом эта­пе приготовления пищи. Корнеклубнеплоды промывают в проточной воде, с капусты удаляют покровные листья, пище­вую зелень, ягоды, фрукты, овощи промывают проточной во­дой и измельчают с помощью ножа, мясорубки или овоще­резки. Траву, сено, солому режут ножницами. В пробах мяса мышцы отделяют от костей, сухожилий и жира, а затем из­мельчают их ножом или с помощью мясорубки. Кости очи­щают от мышц, сухожилий, хрящей, костного мозга и из­мельчают костными щипцами. Пробы зерновых кормов из­мельчают с помощью мельницы. Жидкие пробы (молоко, сливки, вода) тщательно перемешивают.

Пробы, подготовленные по рассмотренной методике, ис­пользуют для экспрессного определения объемной и удельной активности гамма- и бета- излучающих нуклидов (метод «тол­стого» слоя).

Пробы объектов ветнадзора с малым содержанием ра­дионуклидов подвергают концентрированию. Для этого в за­висимости от вида исследуемого материала, химических свойств определяемых радиоизотопов используют различные методы минерализации проб. Сухая минерализация основана на полном разложении органических ве­ществ путем сжигания пробы в муфельной печи при контролируемом температур­ном режиме и состоит из трех последовательных этапов - высушивания, обуглива­ния и озоления. На каждом этапе степень концентрирования радионуклида увеличивается.

**Высушивание проб**

Высушивание измельченных и взвешенных проб растительного происхождения до постоянной массы проводят в сушильном шкафу при температуре 80-100°С.

Для обезвоживания жидких образцов во избежание их разбрызгивания реко­мендуется применять инфракрасные лампы или песчаные бани.

Пробы молока подкисляют соляной или уксусной кислотой, упаривают в фар­форовых чашках под инфракрасными лампами до сухого остатка, постепенно до­бавляя в них очередные порции молока. Высушивание заканчивают в сушильном шкафу при температуре 100°С до постоянной массы сухого остатка.

Пробы мяса, отделенные от жира, сухожилий и костей, сушат до постоянного веса в сушильном шкафу при температуре 80-100°С.

Кости отделяют от мягких тканей, костного мозга и сушат в сушильном шкафу при температуре 100-150°С в течение 2-3 часов.

**Обугливание проб**

После установления постоянной массы пробы сухой остаток обугливают путем прокаливания на электроплитках или песчаных банях в вытяжном шкафу. Во избе­жание потери летучих радионуклидов не допускается воспламенения пробы. Для интенсификации процесса обугливания одновременно допускается обогрев чашки с пробой инфракрасной лампой. При обугливании пробы следует периодически перемешивать сте­клянной палочкой, обеспечивая доступ кислорода в глубь пробы.

Процесс обугливания считается законченным при прекращении вспучивания пробы и исчезновении дыма. Следует добиваться полного обугливания пробы. В противном случае при озолении не полностью сожженная проба спекается, т. е. превращается в стекловидный конгломерат, прочно фиксиро­ванный в фарфоровом тигле.

**Озоление проб**

Полученный обугленный материал переносят в фарфоро­вые чашки или тигли и проводят озоление — полное сжига­ние органических веществ. Тигли и чашки, предназначенные для озоления проб, должны быть подготовлены: их тщательно моют, высушивают, нумеруют, прокаливают в муфельной печи при температуре 900-1000°С до постоянной массы, затем ох­лаждают в эксикаторе и взвешивают.

Озоление проводят в муфельных печах при температуре не выше 400-500°С, причем температуру повышают посте­пенно. Более высокая температура приводит к возгонке та­ких радиоизотопов, как йод-131, цезий-137, свинец-210. Стронций-90 более устойчив к температуре, поэтому озоление проб, загрязненных данным изотопом, можно про­водить при 500-600°С. При озолении в фар­форовых тиглях зернобобовых, картофеля, корнеплодов и других проб с высоким содержанием калия, во избежание сплавления вещества пробы с фарфоровыми тиглями температура не должна превышать 400°С. Для сохранности фарфоровых тиглей в процессе озоления температуру печи повышают постепенно, а охлажда­ют путем естественного остывания в выключенной печи с закрытой заслонкой.

При проведении озоления обугленных проб в металлических кюветах, изготов­ленных из специальных сплавов (например, нержавеющая сталь типа 1Х18Н9Т и др.), процедуру озоления можно проводить в муфельной печи при температуре до 700-750°С.

Основные достоинства термического концентрирования активности проб про­довольствия путем сухой минерализации — универсальность и сравнительная простота процедур. Характерные недостатки — большая продолжительность, энер­гоемкость и неприятные запахи, сопровождающие обугливание и озоление некоторых видов продовольствия (молоко, мясо и др.).

Разработаны специальные методики экспрессного химического концент­рирования активности стронция, иттрия и цезия для некоторых видов продоволь­ствия, не требующие сжигания вещества проб, и в то же время позволяю­щие в полной мере использовать преимущества бета-спектрометрического спосо­ба определения активности стронция-90 и гамма-спектрометрического способа определения активности цезия-137. Для жиров, молока, молочных продуктов, мяса, мясных продуктов приготовле­ние счетных образцов оказывается более удобным, быстрым, менее трудоемким и дорогостоящим, чем обугливание или озоление.

В процессе озоления рекомендуется периодически пере­мешивать золу стеклянной палочкой. Продолжительность озоления различна в зависимости от количества и вида ор­ганических соединений в пробе: для проб растительного про­исхождения оптимальным временем считается — 2—4 ч, для проб животного происхождения — 15—25 ч. Озоление счита­ется законченным, когда зола приобретает светло-серый или серый цвет в зависимости от материала пробы. Зола мяса и крови имеет темно-серый и даже черный цвет.

После остывания озоленную пробу переносят из муфель­ной печи в эксикатор, охлаждают до комнатной температуры и взвешивают.

По массе золы и сырой пробы, из которой получена зола, рассчитывают коэффициент озоления (Коз), который пред­ставляет собой отношение массы полученной золы к массе натурального (исходного) продукта.

|  |  |
| --- | --- |
| m |  |
| M |

Kоз =

где m—масса золы; М — масса исходной сырой пробы.

Готовую золу растирают пестиком до мелкого порошка в той же чашке или тигле, затем отвешивают на стандартные алюминиевые подложки по 100, 200 или 300 мг, тщательно разравнивают и уплотняют через кальку.

Препараты готовят в 3—4 повторностях для проведения радиометрических исследований.

**Контрольные вопросы:**

1 Как подготовить пробы объектов ветнадзора для опре­деления объемной и удельной активности радионуклидов экспресс методами?

2 Охарактеризуйте основные этапы подготовки проб к радиометрии?

3 Что такое коэффициент озоления и как он рассчитыва­ется?

**Тема 16 Технологические способы обработки продукции загрязненной радионуклидами**

**Цель занятия:**

1 Изучить технологические способы обработки мясной продукции загрязненной радионуклидами.

2 Изучить технологические способы обработки молочной продукции и яиц.

3 Изучить технологические способы обработки рыбы.

**Содержание занятия**

Мышцы содержат много К (г/кг), у КРС в среднем 3,7, у свиней 3,8. Мышцы – критический орган для Сs цезий 137, но его концентрация в мясе несравнимо ниже, чем К40. Уровень Сs в мясе зависит прежде всего от концентрации его в кормах. Поэтому мясо продуктов животноводства более загрязнено РВ там, где больше выпадает атмосферных (радиоактивных) осадков (гористые, прибрежные районы). Уровень Сs 137 также зависит от содержания скота (стойловое, пастбищное).

Отбор и обработка проб мяса и проб костей. Пробы мяса отбирают в конце пастбищного и стойлового периодов, т.е. 2 р. в год (желательно одновременно во всех контрольных пунктах). Пробу мяса без жировых скоплений или прожилок соединительной ткани следует взять из мясистой части туши, избегая при этом порчи ее товарного вида.

Образцы мяса отбирают от 3-5 туш данного вида животного примерно равными порциями так, чтобы вес составил не менее 1 кг. Пробу освобождают от жировых прослоек, готовят фарш, перемешивают его.

Для исследования костей на Sr 90 cтронций следует взять ребра. Очищенную от мягких тканей кость взвешивают и обезжиривают ­– вытапливают – жир (при температуре 150-2000С) и жир отбрасывают. Для определения Sr 90 в костях надо приготовить не менее 20 г золы. Для разовой обработки следует брать не менее 100 г свежей (не высушенной, не обезжиренной) кости.

Методами консервирования и кулинарной обработки можно снизить концентрацию Сs 137 в мясе. Например, мокрый посол (вымачивание сначала в воде, а затем хранение в 25 % рассоле) и последующая варка снижает эту концентрацию на 90 %. Из кусочков сырой говядины удается удалить 63 % Сs 137 2- часовым помещением в физиологический раствор поваренной соли (0,85 % раствор), а из фарша -75 % Сs 137.

**Технологические способы обработки молочной продукции и яиц**

Наряду с кальцием (1,2 г/л) другим микроэлементом молока является К (в среднем 1,66 г/л).

Величина концентрации РА в молоке зависит:

1) от внешних причин – концентрации РА в кормах, что обусловлено величиной и типом радиоактивных выпадений, пастбищного или стойлового содержания животных, сроков заготовки кормов и их переваримости.

2) от физиологических особенностей процесса лактации т.е. особенностей лактирующего животного – величины удоя, периода лактации, вида животного;

3) от темпа и частных особенностей выведения с молоком отдельных радионуклидов из организма лактирующей самки.

При пастбищном содержании молочного скота уровень Sr 90 и Сs 137 в молоке выше, чем при стойловом содержании.

Высокоудойные коровы выделяют с молоком суммарно больше Sr 90 и Сs 137, чем низкоудойные, но концентрация радионуклидов у низкоудойных выше. Максимальная концентрация Sr 90 присуща молозиву Сs 137 наиболее интенсивно выводится с молоком на протяжении второго месяца лактации. По концентрации этого радионуклида молозиво мало отличается от молока. Чем жирнее молоко, тем меньше в нем Sr 90 и Сs 137.

Видовые различия концентрации РА в молоке в значительной мере зависят от состава кормов, потребляемых животным, величины его молочной продуктивности и состава молока.

J 131 в молоке встречается лишь в пастбищный период непосредственно после проведения испытательных ядерных взрывов в атмосфере и с прекращением последних исчезает уже через 1,5-2 мес.

Видовые различия концентрации J 131 в молоке довольно резко выражены - в козьем его концентрация в 6 раз выше, чем в коровьем.

В сливках заводского производства (жирность 37,5 %, выход 8,75 %) концентрация Sr ниже, чем в исходном молоке на 40 %, а в домашних сливках (23,8%, выход 11,6 %) – на 27 %.

**Обработка молока**

1) Промывка сливок, снижает содержания Sr90 в 50 раз теплой водой (2-3 раза), для повышения вкусовых качеств промывают обезжиренным молоком.

2) Получение сливочного масла. При переработке сливок, на сливочное масло основная часть радионуклидов переходит в пахту.

3) Получение топленого масла (перетапливание сливочного масла).

Переработка домашним способом: сквашивание – до 85 % -удаление радионуклидов.

Переход радионуклидов из молока в молочные продукты:

Sr 90 в обрат 92 %, в сливки 8 %, в пахту 7 %, в сыворотку 85 %

Сs 137 в обрат 85 %, в сливки 15 %, в пахту 13 %, в сыворотку 83 %.

У 131 в обрат 84 %, сливки 16 %, в пахту 13 % в сыворотку 79 % , в масло не переходит.

Переход Sr90 из молока в творог зависит от кислотности молока, чем она выше, тем меньше в сгусток творога переходит Sr90. Переход РА в сыр зависит от сорта этого продукта, т.е. от технологии его изготовления (в голландский сыр переходит до 80 % Sr90) В сливочное масло переходит очень мало РА, в топленом масле их практически нет.

Отбор и обработка проб молока. Молоко перемешивают как перед взятием пробы, так и перед ее обработкой, наливают в литровые выпаривательные чашки, выпаривают (2-3 дня на песчаной бане) до получения желтовато - коричневатой пасты, которую переносят в чашки меньшего диаметра, высушивают в сушильном шкафу в течение 1 дня, обугливают под инфракрасными лампами или осторожно на газовой горелке, а затем озоляют в муфеле в течение 2 дней при 8000С (при исследовании на Сs 137 - при температуре = 4500С). Для определения Sr 90 требуется навеска золы молока в 15-20 г. Объем пробы молока должен быть 2,5-3 л.

**Яйца**

98,2% Sr90 содержится в скорлупе, 1,6 % в желтке и 0,2% - в белке. Sr90 очень мало включается в съедобную часть яйца и его там значительно меньше, чем Сs 137. Сs 137 более равномерно распределен между белком и желтком, но в скорлупе отсутствует. Из молодых продуктов деления только изотопы J в заметном количестве включаются в желток яйца, (но так как формирование желтка в яйце у курицы заканчивается не позднее чем за 26 ч до кладки, то в яйцах, снесенных в течение первых суток после разовой затравки, радиойода еще нет. Максимальная концентрация его приходится на 4-е яйцо, снесенное после затравки). При хроническом поступлении максимальное выведение радиойода с желтком происходит на 8-10 день от начала затравки, а с прекращением ее резко падает и через 1 нед составляет лишь 5 %.

Скорлупа яйца служит хорошим индикатором радиостронциевой загрязненности корма (курицы). Концентрация Sr90 в скорлупе тем выше, чем ниже яйценоскость и чем хуже несушка обеспечена кормовым кальцием.

**Технологические способы обработки рыбы**

Различные виды рыб содержат от 2,5 до 4,6 г К на 1кг сырого продукта. РА и продукты активации проникают в рыбу не только с кормом (главный путь), но и непосредственно из окружающей среды через жабры и слизистую оболочку ротовой полости (жаберное дыхание) и возможно через покровы тела путем прямого контакта. Чем выше концентрация радионуклидов в воде, тем выше она и в теле обитающей в ней рыбы.

Критическим органом для Sr90 у рыб является костный скелет, плавники и чешуя, т.е. опорные ткани, содержание Са, в мышцах же его концентрация значительно ниже. Сs 137 депонируется в мышечной ткани и коже рыб.

**Отбор и обработка проб рыбы**

Вес пробы рыбы для радиохимической экспертизы – 1 кг. Мелкую рыбу берут по-несколько штук, от крупной рыбы следует взять мясо (в особых случаях печень), а для выявления Sr90 - голову с жабрами и плавники. Предварительно смывают слизь (из партии соленой рыбы пробу берут из середины тары). В жаркую погоду при необходимости длительной транспортировки рыбу, предварительно взвесив, консервируют погружением в 3-5 % раствор формалина, а крупной рыбе этот раствор вводят в полость тела, в толщу мускулатуры и головы с помощью шприца. Для разового радиохимического анализа готовят 20 кг золы. Не всякая обработка рыбы снижает концентрацию в ней РА:

1 обвалка

2 проварка

3 засолка

4 длительное хранение в замороженном виде.

При варке тресковое филе теряет 15 % Сs 137 и сохраняет весь Sr90, а обжаривание, наоборот, даже повышает концентрацию РА (особенно Sr90) за счет обезвоживания продукта.

**Контрольные вопросы:**

1 Как производят отбор и обработку проб мяса и проб костей?

2 Как производят обработку мяса, загрязненного радионуклидами?

3Какие существуют технологические способы обработки молочной продукции и яиц?

4 Как производят отбор и обработку проб рыбы?

**Тема 17 Радиационная оценка кормовой базы и кормов в условиях радионуклидного загрязнения среды. Решение тематических задач**

**Цель занятия:** Освоить методику оценки состояния кормовой базы и прогнозируемой потребности в «чистых» кормах при радиоактивном загрязнении среды.

**Содержание занятия:**

После завершения выпадения радиоактивных осадков проводят оценку радиологической ситуации на загрязненности территории и оценку загрязненности сельскохозяйственных угодий. По результатам радиологической оценки делают прогноз развития радиологической ситуации, определяют перспективы и стратегии сельскохозяйственного производства, профиль производственной деятельности пострадавших регионов и направленных сельскохозяйственного производства отдельных хозяйств.

Важнейшим критерием в определении профиля сельскохозяйственного производства является оценка кормовой базы по радиологическим показателям и перспективы ее дальнейшего развития.

Наиболее важную и в то же время сложную проблему представляет собой производство «чистого» молока и мяса, поскольку в условиях загрязнения среды такими долго живущими радионуклидами, как 90Sr и 137Cs, необходимо будет организовать многолетнее производство кормов, пригодных для получения нормативно чистой продукции.

Оценка кормовой базы базируется и определяется на основании данных, полученных при нормировании радионуклидной загрязненности суточных рационов животных разного вида, возраста, направления их продуктивности. Очень большую роль играют местные особенности радионуклидных выпадений, а также, способность радионуклидов мигрировать по пищевым цепочкам в условиях реальной агроэкологической ситуации.

Поэтому оценку кормовой базы производят на основании комплекса всех этих факторов, причем ее уточнение требуется проводить ежегодно.

Исходя из результатов, представленных в таблице 4, ясно видно, что самые жесткие требования предъявляют кормам, используемым для получения мяса птицы, затем баранины и мяса от молодняка КРС.

Если в условиях радиоактивного загрязнения среды не удается получить корма требуемой чистоты для этих критических отраслей хозяйства, то производство перепрофилируется на мясное скотоводство и молочное производство.

Прогноз загрязнения растениеводческой продукции позволяет заблаговременно планировать набор культур для возделывания на загрязненных радионуклидами угодиях, их размещения по полям севооборотов с учетом плотности загрязнения почв и возможности получения пригодных кормов.

***Оценка кормовой базы при производстве молока***. Переход радионуклидов из кормов в молоко коров зависит от уровня и полноценности кормления животных, их продуктивности и других факторов.

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

В соответствии с СанПиН 97/2002, концентрация 137Cs в молоке не должна превышать 100 Бк/кг, а 90Sr -25 Бк/кг. Для оценки кормовой базы по радиобиологическим показателям необходимо оценить прежде всего предельно допустимое содержание радионуклидов в рационе животных (ПДС), которое осуществляют на основании коэффициентов перехода данного радионуклида в продукцию и действующих нормативов по допустимому уровню радионуклида в конкретном виде продукции ()

ПДС= (Бк/кг) 100/.

Для 137Cs расчет производят по формуле

ПДС = 100 (Бк/кг) \* 100/.

Для 90Sr расчет производят по формуле

ПДС = 25 (Бк/кг) \* 100/

В рационе лактирующих коров в стойловый период (=0,48)содержание 137Cs не должно превышать 20 833 Бк/сут, а 137Cs (=0,48) -17 857 Бк/сут. В пастбищный период (=0,74)концентрация 137Cs в зеленой массе трав не должна превышать 270 Бк/кг, а 90Sr (=0,14) - 357 Бк/кг (табл. 5).

При плохом качестве кормов и низкой продуктивности стада (7-8 кг молока в сутки) переход радиоактивного цезия может достигать 1% суточного потребления его с кормами. В рационе дойной коровы при этом должно содержаться не более 10 000 Бк 137Cs.

Если загрязненность кормов радионуклидами не превышает предельно допустимого уровня, суточный рацион для дойных коров составляют в соответствии с существующими нормами потребности животных в питательных веществах и вскармливания отдельных видов коров. При загрязнении отдельных видов кормов, превышающем предельно допустимый уровень, нормирование в рационе радионуклидов производят за счет увеличения доли более «чистых», прежде всего концентрированных кормов.

**Таблица 4 Примерный рацион для коров с удоем 10 кг и предельно допустимое содержание радионуклидов в стойловый период**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Корма | Масса, кг | Содержание 137Cs, Бк/кг | Всего 137Cs, Бк/сут | Содержание 90Sr, Бк/кг | Всего 90Sr Бк/сут | Масса корма в месяц, кг |
| Сено | 3 | 2900 | 8700 | 1807 | 5421 | 90 |
| Солома | 2 | 700 | 1400 | 1286 | 2572 | 60 |
| Силос сеяных трав | 6 | 600 | 3600 | 580 | 3480 | 180 |
| Свекла кормовая | 10 | 400 | 4000 | 257 | 2570 | 300 |
| Силос кукурузный | 5 | 500 | 2500 | 347 | 1735 | 150 |
| Концентраты | 3 | 200 | 600 | 690 | 2070 | 60 |
| Всего |  |  | 20 800 |  | 17 848 |  |

***Оценка кормовой базы при производстве мяса***. Согласно требованиям СанПиН 97/2002 концентрация 137Cs в мясе не должна превышать 160 Бк/кг, а 90Sr – 50 Бк/кг. Для оценки кормовой базы по радиологическим показателям необходимо прежде всего оценить предельно допустимое содержание радионуклидов в рационе животных (ПДС), что можно сделать на основании коэффициентов перехода данного радионуклида в продукцию.

Для 137Cs расчет производят по формуле

ПДС = 160 (Бк/кг) \* 100/

Для 90Sr расчет проводят по формуле

ПДС = 50 (Бк/кг) \* 100/

В рационе взрослого КРС на стадии откорма содержание 137Cs не должно превышать 4000 Бк/сут, а 90Sr – 125 000 Бк/сут. В пастбищный период концентрация 137Cs в зеленой массе трав не должна превышать 80 Бк/кг, а 90Sr – 2500 Бк/кг.

Установлено, что предельно допустимое содержание (ПДС) 137Cs в рационе скота, откармливаемого на мясо, с возрастом животных увеличивается. Минимальное его значение для телят раннего периода развития отличается от максимального для взрослых (36 мес.) животных в 10 раз. Таким образом, ПДС 137Cs в рационах должно быть дифференцировано в зависимости от возраста забиваемых на мясо животных.

Например, ПДС радиоактивного цезия в рационе 36-месячного животного составляет 4000 Бк/сут, в возрасте 18 месяцев – 3300, а при убое в 6-месячном возрасте - только 960 Бк/сут.

Для 90Sr подобная возрастная зависимость отсутствует, поэтому для всех возрастных групп можно использовать корма одинаковой удельной активности.

Выращивание и начальный откорм молодняка КРС проводят без ограничений, ориентируясь на приведенные примерные рационы (табл. 5).

**Таблица 5 Примерный рацион для откорма молодняка КРС живой массой 350 кг при среднесуточных привесах 0,9…1 кг**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Корма | Период откорма | | | Всего за период откорма |
| начало | середина | конец |
| Силос кукурузный, кг | 30 | 25 | 20 | 2725 |
| Солома, кг | 3 | 2 | 1 | 215 |
| Сено, кг | 10,3 | 1 | 2 | 115 |
| Зерновые концентраты, кг | 50 | 1,3 | 1,6 | 138 |
| Отруби, кг | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 33 |
| Кормовые фосфаты, г | 50 | 60 | 70 | 6000 |
| NaCl, г | 30 | 30 | 35 | 4000 |

***Оценка кормовой базы при производстве свинины***. Коэффициент перехода радиоактивного цезия в мышечную ткань свинины равен 25%, стронция – 0,1%. В связи с этим в суммарном суточном рационе свиньи должно быть 137Cs не более:

ПДС = 160 (Бк/кг) \* 100/25 = 640 Бк

90Sr - не более:

ПДС = 50 (Бк/кг) \* 100/0,1 = 50 000 Бк или 50 кБк

В соответствии с этим в таблице представлены предельно допустимые концентрации радиоактивного цезия в кормах, используемых для откорма свиней.

Следует иметь в виду, что загрязненность кормов рассчитана для действующих на данное время в России допустимых нормативов загрязнения мяса. При изменении нормативов расчет производится аналогичным образом.

***Оценка кормовой базы при выращивании птицы***. Концентрация 137Cs в мясе птицы любого вида не должна превышать 180 Бк/кг, а 90Sr - 80 Бк/кг (СанПиН 97/2002). Учитывая очень большую способность радиоактивного цезия накапливаться в мышцах птицы (=450), к используемым кормам в этом случае предъявляются самые жесткие требования.

**Таблица 6 Примерные суточные рационы для откорма свиней и расчет их радиоактивной загрязненности**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Корма | Зимний период | | | | Летний период | | | |
| масса, кг | 137Cs, Бк/кг | всего  137Cs, Бк/кг | всего корма на месяц, кг | масса, кг | 137Cs, Бк/кг | всего  137Cs, Бк/кг | Всего корма на месяц, кг |
| Концентраты (зерно) | 1,5 | 52 | 28 | 45 | 1,5 | 152 | 228 | 45 |
| Мука травяная | 0,2 | 30 | 6 | 15 | - | - | - | - |
| Обрат | 0,8 | 12 | 70 | 24 | 0,8 | 212 | 170 | 24 |
| Картофель | 3,5 | 3 | 51 | 105 | - | - | - | - |
| Зеленая масса | - | - | - | - | 3,0 | 78 | 234 | 90 |
| Премиксы | 0,05 | - | - | - | 0,05 | - | - | - |
| Всего !!! | - | - | 635 | - | - | - | 632 | - |

Для 137Cs расчет проводят по формуле

ПДС = 180 (Бк/кг) \* 100/450 = 40 Бк/сут

При производстве мяса бройлеров содержание 137Cs в суточном рационе кур не должно превышать 40 Бк. Такое же ограничение радиоактивного загрязнения суточного рациона должно соблюдаться и при кормлении кур – несушек. Скармливание взрослой птицы комбикорма с допустимым содержанием 137Cs (200 Бк /кг) возможно без ограничении, согласно типовым нормам (табл.7).

**Таблица 7 Примерные нормы скармливания птицы комбикормов, загрязненных радиоактивным цезием**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид птицы | Норма, г/голову | Содержание 137Cs, Бк |
| Куры-несушки | 115…120 | 24…25 |
| Цыплята - бройлеры | 15…130 | 3…26 |
| Индейки | 260…400 | 52…80 |
| Утки | 240 | 48 |
| Гуси | 330 | 66 |

**Контрольные вопросы:**

1 Как проводят оценку кормовой базы при производстве молока?

2 Как проводят оценку кормовой базы при производстве мяса?

3 Как проводят оценку кормовой базы при выращивании птицы?

**Тема 18 Ветеринарный осмотр, сортировка и первичная переработка пораженных животных**

**Цель занятия:** Изучить первичную переработку и сортировку животных.

**Содержание занятия**

Предубойное обследование и сортировка могут выполняться по следующей схеме:

После полученных данных радиационной обстановки в районе поражения животных о виде облучения (внешние, внутренние, сочетанное) и ориентировочной дозе пораженных животных осматривают и отдельных отбирают и биркуют для дозиметрии кожного покрова (особенно области щитовидной железы и преджелудков), термометрии, при возможности берут пробы кала, мочи, молока для радиометрии и крови - для гематологических исследований.

Индивидуально осматривают животных (в загонах с расколами или на площадке ветеринарной обработки) и сортируют их на следующие группы:

1-предназначенные к дальнейшему использованию по прямому назначению;

2-нуждающихся в лечении;

3-предназначенное к убою на мясо;

4-некурабельные, подлежащие убою с последующей утилизацией туш.

**В первую группу** выделяют животных с легкой степенью поражения. Они нуждаются в полноценном кормлении и хороших условиях содержания;

**Во вторую** - животных со средней степенью поражения из числа молодых и животных с полноценной продуктивностью (сюда могут быть направлены высокоценные животные с тяжелой степенью поражения, эту группу подвергают интенсивному лечению);

**Третью группу** составляют животные с крайне тяжелыми, тяжелыми и средними поражениями из числа ослабленных, старых и малопродуктивных; им потребуется поддерживающее лечение в целях продления их жизни до срока убоя. Такое лечение не должно отражаться на качестве мяса. Если эта группа многочисленна назначают очередность убоя. Мясо от убитых в период разгара лучевой болезни животных должно подвергаться обязательному бактериологическому исследованию, так как начиная с 8-14 сут. После облучения смертельными дозами происходит массовое обсеменение мышц и внутренних органов аутофлорой.

Туши животных, убитых в агональном состоянии, для пищевых целей не пригодны, их утилизируют. Эти животные составляют при сортировке Четвертую группу.

Если будет установлено, что на кожном покрове находится РВ с уровнем радиации, превышающим допустимый, животных подвергают ветеринарной обработке в соответствии со специальным наставлением.

Предубойный осмотр пораженных животных проводят по общим правилам. Клинические признаки острой лучевой болезни не является противопоказанием к убою мяса, но животные в огональном состоянии к убою на мясо не допускаются.

**Технологический процесс первичной переработки животных**, подвергшихся внешнему облучению, не отличается от процесса убоя здоровых животных, но с внутренним облучением и загрязнением кожного покрова РВ имеет ряд важных особенностей.

**Во-первых**, необходимо соблюдать меры безопасности лиц, обслуживающих таких животных и разделывающих их туши. Кроме специальной одежды, предназначенной для убоя здоровых животных, рабочим выделят резиновые перчатки, а для защиты органов дыхания- ватно-марлевые респираторы или противогазы, всем- индивидуальные дозиметры( типа ДС-50 или ДКП-50) для контроля за индивидуальной суммарной дозой облучения. Дозиметрией контролируют все места работы. После окончания смены рабочие должны прополоскать нос и горло чистой водой, снять в установленном месте спецодежду, вымыть руки, лицо и открытые части тела водой с мылом, глаза промыть 1-2% раствором соды, принять душ.

Все работники, обслуживающие животных и туши, имеющие внутреннее облучением, находятся под медицинским контролем.

**Во-вторых**, при разделке применяют меры к исключению загрязнения мясных туш и органов радиоактивными веществами со стороны шкур и кишечника, для чего лиц, занятых на убое животных и снимающих шкуру, к дальнейшей работе по разделке туш не допускают. Во время снятия шкур их волосяной покров и руки съемщика не должны касаться мясной туши снимают шкуры и делают нутровку только в вертикальном положении. Мясную тушу обмывают водой, а шкуру удаляют из убойно-разделочного цеха (площадки) на специальное рабочее место, которое располагают обособленно. Перед нутровкой накладывают двойные лигатуры на пищевод и прямую кишку, затем осторожно извлекают одновременно желудок и кишечник. После ветеринарно-санитарной экспертизы их немедленно удаляют из убойно-разделочного цеха (площадки).

**В-третьих**, при убое животных, пораженных радиоактивными веществами увеличивается расход воды. Это следует учитывать, когда выбирают место для временных убойных пунктов.

**В-четвертых**, необходимо надежное обезвреживание (деактивация) мест убоя, оборудование, инвентаря и большого количества смывных вод.

Для сбора смывных вод, конфискатов и других отходов оборудуют закрытую яму емкостью 5-6 куб.метров, удаленную от убойно-разделочного цеха (площадки) не менее, чем на 50 метров. По окончанию работы ее засыпают землей, чтобы все ее содержимое было покрыто слоем «чистой» земли не менее 70 см. Место убоя, инструменты, оборудование подвергаются дезактивации и дозиметрическому контролю. Ножи и другие инструменты промывают 2-3 раза горячей водой с мылом, обезвреживают струей воды, брезентовые палатки - обметанием и выколачиванием. Слой земли с убойно-разделочной площадки снимают под дозиметрическим контролем до уровня радиоактивности 0,1 р/ч.

Так как, при применении ядерного оружия многие мясоперерабатывающие предприятия, расположенные в основном в промышленных городах, могут быть разрушены, повреждены или окажутся в зоне с высоким уровнем радиации, убоя пораженных животных и консервирование продуктов их убоя должны будут проводить на местах поражения, на временных полевых убойных пунктах, сельских бойнях, в приспособленных помещениях (стригальные пункты, бетонные кошары, животноводческие помещения и др.).

**Мероприятия по снижению поступления радиоактивных веществ в продукты животноводства**

1 Степень выведения радиоизотопов в продукты животноводства. Поступая в организм животных, радиоизотопы уже в первые часы и дни в значительном количестве начинают выводиться из него, появляясь в кале, моче, молоке, яйцах, шерсти. Установлено, что у коров с молоком может выделиться: йода-131-до 8% от полученной дозы, стронция-90-до 1,9%, цезия-137-до 9,3%.

Радиоактивные поражения в значительной степени влияют на продуктивность молочных животных и состав молока. При внутреннем облучении коров в первые сутки удой снижается на 33%, на 10-е- на 52%, на 30-е-на 85%.

2 Дезактивация продуктов животноводства. Для дезактивации мяса применяют несколько способов.

Обвалка (отделение мяса от костей). Если животные убиты на 2-4-й день после облучения, то радиоактивность этим способом может снизиться до 15%, на 25 день-до 45%. После обвалки кости зарывают в землю на глубину не менее 70 см.

Проварка. Мясо кусками не более 2 кг варят 1 час, при этом в бульон переходит до 60% РВ. Удлинение срока варки не снижает радиоактивность. Бульон выливают в ямы глубиной 70 см и зарывают слоем земли.

Посолка. Мокрой посол снижает радиоактивность за счет самораспада РВ при длительном хранении и за счет их перехода (до 30%) в рассол.

Длительное хранение в замороженном виде снижает радиоактивность только в связи с самораспадом РВ. Длительность дезактивации зависит от периода полураспада РВ. Этот способ применяется при загрязнении мяса короткоживущими изотопами.

При внешнем загрязнении мяса РВ дезактивацию проводят смыванием их водой или срезанием верхнего слоя мяса толщиной до 0,5 см.

**Контрольные вопросы:**

1 На какие группы сортируют животных?

2Как производят технологический процесс первичной переработки животных?

3Какие существуют мероприятия по снижению поступления радиоактивных веществ в продукты животноводства?

4 Какие способы применяют для дезактивации мяса?

**Тема 19 Лучевые (радиационные) ожоги кожных покров. Патологоанатомические изменения при острой лучевой болезни**

**Цель занятия:**

1Изучить степени и периоды течения лучевых ожогов.

2 Изучить патологоанатомические изменения, возникающие у животных при острой лучевой болезни.

**Содержание занятия**

Лучевые ожоги у животных возникают при воздействии больших количеств радиоактивных веществ (РВ), оседающих после ядерных взрывов. Наибольшие поражения кожи возникают у животных с коротким и редким волосяным покровом (например, у свиней). У животных с густым и длинным шерстным покровом (овцы) непосредственного контакта РВ с кожей не происходит, а поэтому повреждающий эффект от альфа- и бета-излучения проявляется крайне слабо и то только в поверхностных слоях кожи (эпидермальном и эпидермопилярном) под влиянием бета-излучения.

Бета-излучения вызывают специфическое поражение кожи и слизистых оболочек, которые принято называть бета-ожогами, хотя по своему клиническому проявлению и течению они не имеют ничего общего с термическими и химическими ожогами. Радиационные ожоги мало болезненны, патоморфологические изменения в пораженной коже развиваются постепенно, а процессы репарации (восстановления) протекают вяло. При смешанном бета-гамма-облучении местные радиоактивные поражения протекают на фоне лучевой болезни.

При одинаковой дозе бета-облучения всего кожного покрова поражения развиваются раньше и протекают более тяжело в местах нежной и слабо защищенной волосяным покровом кожи (в области половых органов, вымени, сгибательной поверхности суставов, межкопытной щели и др.)

В течении бета-ожогов различают четыре периода – первичной реакции, скрытый, острой воспалительной реакции и восстановления, а по тяжести поражения, которая зависит от дозы поглощения энергии, – четыре степени: легкая (при дозе до 500 рад), средняя (500-1000 рад), тяжелая (1000-3000 рад) крайне тяжелая (более 3000 рад).

*Первый период* – первичной реакции – проявляется в зависимости от дозы бета-облучения через несколько часов или суток после воздействия и продолжается до 2-3 суток. Наиболее ярко он выражен у животных, слабо защищенных волосяным покровом (свиньи) и с депигментированной кожей. Места поражения гиперемированы, отечны, болезненны и зудят. Поэтому нередко животные их расчесывают, кусают зубами.

*Второй период* – скрытый – длится в зависимости от дозы облучения от нескольких часов до двух недель. Он характеризуется повышенной потливостью и зудом пораженных участков.

*Третий период* – выраженной воспалительной реакции кожи. При легкой степени поражения наблюдается умеренная эритема, а затем незначительная эпиляция и шелушение поверхностных слоев эпидермиса. При средней степени бета-ожога острое воспаление длится 3-4 недели; отмечаются сильная болезненность, гиперемия и отек поврежденной кожи, развиваются эрозии, повышается температура тела.

Тяжелая степень поражения характеризуется резко выраженной болевой и воспалительной реакцией (гиперемия, отек пораженных участков кожи). В ряде случаев образуются пузыри, сходные по внешнему виду с пузырями термических ожогов. Быстро появляются эрозии и язвы. Одновременно развиваются общие клинические изменения: повышается температура тела, увеличиваются регионарные лимфатические узлы, ухудшается или теряется аппетит. В крови выявляются нейтрофильный лейкоцитоз, моноцитоз, эозинофилия, тромбоцитоз, ретикулоцитоз РОЭ. В сыворотке крови происходит уменьшение количества белков, липидов и повышение содержания кальция. Часто развиваются признаки общей интоксикации.

При крайне тяжелой степени бета-ожога все признаки острого воспаления и общей реакции организма выражены наиболее сильно. Развиваются глубокие гнойно-некротические процессы, ведущие к образованию язв, которые служат причиной постоянной патологической импульсации в центральной нервной системе, а также длительной интоксикации и септических состояний организма.

*Четвертый период* – восстановление. При легкой степени процесс заканчивается полным выздоровлением через 1-2 месяца, при средней – через 3-4 месяца, но у пораженных животных еще длительное время наблюдается атрофия кожи и повышенная болевая реакция. При тяжелых поражениях язвы заживают медленно в течение нескольких месяцев или лет по типу трофических язв с разрастанием рубцовой ткани (коллоидов) и развитием гиперкератоза. Образовавшийся эпителиальный покров часто изъязвляется, появляются рецидивирующие некрозы. Возможны злокачественные перерождения тканей.

*Лечение.* Важнейшим профилактическим мероприятием лучевых ожогов служит возможно ранняя ветеринарная обработка животных, загрязненных РВ. Поскольку при лучевых ожогах развиваются боли и трофические расстройства, особое значение приобретают новокаиновые блокады и применение нейроплегических и ганглиоблокирующих средств (аминазин, демидрол). В целях стимуляции регенеративных процессов рекомендуют повторные переливания крови, тканевые подсадки. Местно лучевые ожоги лечат по принципу термических ожогов.

**Патологоанатомические изменения при острой лучевой болезни**

Патологоанатомические изменения при данной болезни весьма разнообразны, поэтому для установление диагноза в период разгара острого течения следует учитывать комплекс макроскопических изменений: бледность видимых слизистых оболочек, точечные кровоизлияния в коже, выпадение шерстного покрова, множественные точечные или обширные кровоизлияния в различных органах и тканях (в серозных оболочках легких, сердце, вдоль нисходящих ветвей венечных артерий, кишечника). В костном мозге отмечают резкое обеднение клеточными элементами, отечность стромы и пропитывание ее фибринозным выпотом. Селезенка уменьшена в размерах, на разрезе совершенно не видны фолликулы и резко выделяются трабекулы. Лимфатические узлы несколько увеличены, мягкие на ощупь, на разрезе сочные, темно- красны, иногда цвета ржавчины вследствие накопления гемосидерина.

В слизистых оболочках полости рта, желудка и кишечника участки некроза с серым фибринозным налетом, реже - глубокие язвы с некротизированными тканями, лейкоцитарная инфильтрация на дне язв обычно отсутствует, пейеровы бляшки и санитарные фолликулы плохо различимы или западают ниже поверхности слизистой оболочки.

Миндалины набухшие, темно-красного оттенка (вследствие полнокровия и кровоизлияния), на поверхности видны грязно-серые участки некроза.

Часто обнаруживают бронхопневмонические очаги в легких, особенно походу разветвлении бронхиального дерева, некроз бронхиальных стенок и прилегающих альвеол с накоплением в просвете их экссудата, бедного лейкоцитами.

**Контрольные вопросы:**

1 Что такое лучевые ожоги кожи?

2 Какие степени различают при лучевых ожогах?

3 Какие существуют периоды течения ожогов?

4 Какие патологоанатомические изменения наиболее характерны при острой лучевой болезни?

Тема 20 Видовые особенности течения лучевой болезни у сельскохозяйственных животных

Цель занятия: Изучить видовые особенности течения лучевой болезни у сельскохозяйственных животных.

Содержание занятия

Острая лучевая болезнь – это общее заболевание, возникающее после однократного или повторного облучения значительными дозами в относительно короткий промежуток времени. К однократному облучению при ядерных взрывах принято относить непрерывное облучение в течение первых четырех дней после взрыва.

**Лучевая болезнь крупного рогатого скота**

*1-ый период (1-3 дня) – начальный.*Возбуждение и дрожь, повышение температуры на 10 С, иногда до 41 – 420 С. Нередко животные с такой температурой погибают через 4-7 дней после начала лихорадки.

*2-ой период (3-5 дней) – латентный.*Легкие признаки диареи, с кровянистыми выделениями.

*3-й период (1-3 нед) – выраженных клинических признаков.*Лихорадка, общая слабость, отеки тазовых конечностей, депрессия, снижение или потеря аппетита, учащение сердцебиения и дыхания, хрипы, отек легких, глотки, гортани, из носовых отверстий – тягучие, прозрачные или светло-желтые выделения, диарея, иногда с обильной примесью крови.

*4-ый период - восстановления.*У выживших животных за 30 дней болезни масса снижается на 10% и более.Процесс выздоровления может быть через 30 – 40 дней после облучения. При патологоанатомическом вскрытии наблюдаются некрозы и обильные кровоизлияния в миокарде, в стенках ЖКТ, селезенке, легких, печени, желчном и мочевом пузырях, брюшине, плевре, подкожной клетчатке и других органах. Наиболее характерными патолого-морфологическими изменениями являются геморрагический диатез, пневмония, изъязвления слизистой оболочки ЖКТ.

**Лучевая болезнь лошадей**

*1-ый период (1-3 дня) – начальный.*Возбуждение, беспокойство, дрожь, повышение тактильной чувствительности. Температура повышается на 0,5-10С. Усиление сердцебиения, дыхательные шумы. Движения по кругу, часто переступает, оглядывается. Истечения из глаз и носа мутные. Позывы на корм и воду отсутствуют.

*2-ой период (3-5 дней) – латентный.*Температура снижается и удерживается на уровне нормы, повышение аппетита. Конъюнктива гиперемирована.

*3-й период (1-3 нед) – выраженных клинических признаков.*Слабость, депрессия, аритмия, учащение пульса, слезотечение, беловатые истечения из глаз, отек век. Анемия слизистых, кровоточивость десен, обильное выделение крови со слюной. Диарея с кровянистыми выделениями и гнилостным запахом. Шаткая походка, неправильная постановка конечностей – грудные – выдвинуты вперед, тазовые – назад.

*4-ый период - восстановления.*Смерть. У выживших животных признаки лучевой болезни могут проявиться через 3-5 лет после облучения. При патологоанатомическом вскрытии отмечается хорошо выраженное окоченение, механические повреждения кожи: ссадины, отеки, раны. Выявляется геморрагический диатез. Кровь свернувшаяся. Сердце расширено, миокард дряблый. Регистрируется отек легких и геморрагическая пневмония. Селезенка всегда уменьшена. Печень дряблая, кровенаполнена, с кровоизлияниями. Почки кровенаполнены, границы между слоями сглажены. Лимфоузлы увеличены, сочные. ЖКТ слабо наполнен жидким красноватым содержимым.

**Лучевая болезнь овец и коз**

*1-ый период (1-3 дня) – начальный.*Раздражительность, понижение аппетита, редко диарея.

*2-ой период (10-15 дней) – латентный.*Без клинических признаков.

*3-й период (1- 3 нед) – выраженных клинических признаков.*Угнетение, понижение аппетита, болезненность кожи, у овец местами выпадает шерсть. Оголенные участки кожи гиперемированы, с точечными и диффузными кровоизлияниями. Серозный ринит, нарушение функции желудочно-кишечного тракта, повышается температура тела, снижается упитанность. У коз – более высокий диапазон породной радиочувствительности: от 250 – до 600 Р. Не происходит эпиляция пуха.

*4-ый период - восстановления.*Смерть или выздоровление.

**Лучевая болезнь свиней**

*1-ый период (1-3 дня) – начальный.*Беспокойство, мышечная дрожь, отказ от корма, жажда, пугливость, диарея, рвота с кровью, реакции на внешние раздражители повышенные, угнетение, слизистые оболочки бледные, кал разжижен.

*2-ой период (3-5 дней) – латентный.*На 3-4 сутки первична реакция на облучение затухает.На 8-9 сутки появляются кровоизлияния на коже, за ушами, в паху, на брюшной стенке.

*3-й период (1-3 нед) – выраженных клинических признаков.*Понижение аппетита, угнетение, множественные точечные кровоизлияния, отек ушей, морды, конечностей, хромота. Сгустки крови в кале, моче, кровотечение из ноздрей. Моча розового цвета. Диарея. При патологоанатомическом вскрытии трупов устанавливают выраженное окоченение. В коже и подкожной клетчатке имеются множественные кровоизлияния сине-багрового цвета. Кровь свернувшаяся. В органах грудной полости множественные точечные, пятнистые кровоизлияния. Лимфоузлы увеличены, отечные, кровенаполнены. Верхние дыхательные пути заполнены пенистой розовой массой. Легкие мраморного цвета. Сердце расширено. Селезенка уменьшена. Печень часто увеличена, дряблая. Желчный пузырь растянут, в стенке его кровоизлияния. Желчь густая, вязкая. Почки дряблые с нерезкой границей между корковым и мозговым слоями. В паренхиме почек и стенке мочевого пузыря кровоизлияния. Желудочно-кишечный тракт содержит очень мало кормовых масс и химуса.

*4-ый период - восстановления.*Животные, прожившие 45 дней, обычно остаются живыми. Выздоровление идет относительно быстро - 3-4 мес., однако некоторые функции организма, например, воспроизводительная, восстанавливаются медленно и не всегда полноценно.

**Лучевая болезнь кур**

*1-ый период (1-3 дня) – начальный.*Дрожание головы, угнетение, птицы часами сидят в сонном состоянии. Яйца с толстой скорлупой.

*2-ой период (3- 5 дней) – латентный.*Развивается угнетение.

*3-й период (1-3 нед) – выраженных клинических признаков.*Сонное состояние. Вытягивание шеи вперед и назад. Отек гребешка, сережек. Затрудненное дыхание, серозное воспаление слизистых оболочек. Помет зеленоватого цвета.

*4-ый период – восстановления.*Гибель к концу третьей недели или выздоровление через 15-25 дней.

**Контрольные вопросы:**

1 Особенности течения лучевой болезни у крупного рогатого скота.

2 Особенности течения лучевой болезни лошадей.

3 Особенности течения лучевой болезни овец и коз.

4 Особенности течения лучевой болезни свиней.

5 Особенности течения лучевой болезни кур.

**Литература:**

1 Белов А.Д., Киршин В.А. Радиобиология. - М., 1981.

2 Воккен Г.К. Ветеринарная радиобиология. Изд. 2-е испр.и доп. Л., Колос, 1973. - 240с.

3 Лысенко Н.П., Пак В.В., Рогожина Л.В. и др. Практикум по радиобиологии: Учеб. пособие - М.: КолосС, 2008. - 399с.

4 Малгаждаров С. Радиобиология. - Алматы: РБК, 1998. - 120с.

5 Исабаев А.Ж., Сундетова Б.А. Методические указания по ветеринарной радиобиологии. - Костанай, 1999.

6 Батырбеков А.Н., Кауменов Н.С. Методические указания по ветеринарной радиобиоло-

гии. - Костанай, 2010.

7 Карташов Н.А., Киршин В.А., Ильин В.Г. и др. Лучевая болезнь сельскохозяйственных животных.- М.: Колос, 1978.

8 Киршин В.А., Кирикбаев С.К. и др. Радиобиологические эффекты у животных. - М., 2000.

9 Кузин А.М., Каушанский Д.А., Пак В.В. К практическим занятиям по радиобиологии. Методические указания. - М., 1979.

10 Караваев Б.К., Коляков М.А. и др. Ветеринарно-санитарная экспертиза продуктов животноводства при радиационных поражениях. – М., 1967.

11 Белов А.Д., Киршин В.А. Практикум по ветеринарной радиобиологии. М., агропромиздат, 1987.