

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

ФГБОУ ВПО «Брянская государственная
сельскохозяйственная академия»

Сельскохозяйственная радиобиология

Методические указания по изучению дисциплины
и задания для контрольной работы студентам-заочникам 3 курса
факультета ветеринарной медицины и биотехнологии
(заочное отделение) по специальности 110401 – «Зоотехния»

*издание второе
переработанное и дополненное*

Брянск 2011

УДК 631 (07)
ББК 40.1
К 78

Крапивина Е.В. Сельскохозяйственная радиобиология: издание 2-ое, переработанное и дополненное / Е.В. Крапивина, Д.В. Иванов. Брянск: Брянская ГСХА, 2011.- 52с.

Методические указания содержат рекомендации по изучению дисциплины «Сельскохозяйственная радиобиология», вопросы для самостоятельной проверки знаний и задания для выполнения контрольной работы.

Методические указания предназначены для студентов-заочников 3 курса факультета ветеринарной медицины и биотехнологии (заочное отделение) по специальности 110401 – «Зоотехния».

Рецензент:

доцент кафедры экологии, агрохимии и почвоведения БГСХА, доктор биологических наук А.А. Романенко.

Рекомендовано к изданию методической комиссией факультета ветеринарной медицины и биотехнологии Брянской ГСХА от 09.09.2011 года протокол № 1.

© Брянская ГСХА, 2011
© Крапивина Е.В., 2011
© Иванов Д.В., 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
Раздел 1. Общие методические рекомендации по изучению дисциплины	6
Раздел 2. Методические советы по изучению отдельных тем дисциплины и вопросы для самостоятельной проверки знаний	7
Тема 1. Основы ядерной физики	7
Тема 2. Радиометрия и дозиметрия ионизирующих излучений	12
Тема 3. Биологическое действие ионизирующих излучений и лучевые поражения	16
Тема 4. Основы радиозологии и радиотоксикологии. Прогнозирование и нормирование поступления радионуклидов в организм животных и продукцию животноводства	18
Тема 5. Ведение животноводства в условиях радиоактивного загрязнения среды	22
Тема 6. Использование радионуклидных методов и радиационной биотехнологии в животноводстве и ветеринарии	26
Тема 7. Радиационная экспертиза кормов, воды и продукции животноводства	32
Тема 8. Основы радиационной безопасности и организация работы с источниками ионизирующих излучений	36
Рекомендуемая литература	41
Вопросы для выполнения контрольной работы	44
Задание для контрольной работы	50
Приложение 1	51

ПРЕДИСЛОВИЕ

В связи с развитием атомной индустрии и широким использованием в народном хозяйстве атомной энергии появились источники загрязнения окружающей среды искусственными радионуклидами: выбросы радиоактивных продуктов перерабатываемыми атомными предприятиями, атомными электростанциями (АЭС) и аварийные ситуации на них. Только за 1971 - 1984 гг. в 14 странах мира отмечено 151 авария на АЭС. Землетрясение 11 марта 2011 года магнитудой 9,0 и последовавшее за ним цунами разрушили инфраструктуру северо-восточных районов Японии и вывели из строя систему охлаждения реакторов на АЭС "Фукусима-1", что привело к пожарам, нескольким взрывам и утечке радиации на этом предприятии.

26 апреля 1986 г. на Чернобыльской АЭС произошло два последовательных взрыва на реакторе четвертого энергоблока, что привело к разрушению графитовой кладки реактора, технологических каналов и разгерметизации реакторного пространства, разрушению оболочек тепло выделяющих сборок и разгерметизации большей части тепло выделяющих элементов. В результате мощного взрыва газоаэрозольное облако было выброшено на высоту более 1,5 км и в атмосферу поступило в 90 с лишним раз больше радиоактивных веществ, чем при взрыве атомной бомбы над Хиросимой.

Перенос радиоаэрозолей на большие расстояния сопровождался неравномерными выпадениями радиоактивных осадков (пятнистостью), что обусловило значительные трудности организации и проведения дезактивационных работ в населенных пунктах, потребовало проведения радиационного обследования каждого подворья, каждого поля, и вызвало необходимость организации специальных мероприятий по ведению сельскохозяйственного произ-

водства на территориях подвергшихся радионуклидному загрязнению. Зоотехники должны хорошо знать свойства ядерных излучений, действие их на живые организмы, закономерности миграции радионуклидов в биосфере, организме животных и человека, иметь практические навыки по определению радиоактивности во внешней среде, кормах и продуктах животноводства, проводить практические мероприятия по ведению животноводства в экстремальных условиях, возникающих при авариях на атомных предприятиях, направленные на уменьшение поступления радиоактивных веществ по цепочке: почва - растения - животные - продукты животноводства - человек.

Радиоактивное загрязнение окружающей среды, как и загрязнение ее отходами современной промышленности и цивилизации, — неизбежный фактор атомного века. Емкость биосферы - величина постоянная. Даже если сброс радиоактивных отходов атомного производства не превышает допустимых пределов, может произойти локальное и глобальное накопление радиоактивных загрязнений в биосфере, главным образом за счет долгоживущих радионуклидов.

РАЗДЕЛ 1

Общие методические рекомендации по изучению дисциплины

Настоящие методические указания по изучению дисциплины и задания для контрольной работы основаны на типовой программе “Сельскохозяйственная радиология” по специальности 110401 – «Зоотехния», которая включает основные разделы радиологии: элементы ядерной физики, радиометрию, дозиметрию, биологическое действие ионизирующих излучений, радиационную токсикологию, радиационную экспертизу кормов и продуктов животноводства, применение радиоактивных изотопов и ионизирующих излучений в процессе радиационно-биологической технологии в практике животноводства и радиационную гигиену.

Основной формой учебы студента-заочника является самостоятельная работа с рекомендуемой литературой. После изучения каждой темы необходимо ответить на вопросы для самопроверки. Основные положения и сведения, требующие запоминания, следует конспектировать. Только после изучения всего материала, включенного в программу, можно приступать к выполнению контрольной работы.

По темам, которые вызывают затруднения при самостоятельном изучении курса и выполнении контрольной работы, следует обращаться за консультацией к преподавателям.

Вопросы и задачи контрольной работы студент обязан переписывать полностью и указывать номера заданий в соответствии с его шифром.

Изучение данной дисциплины на факультете ветеринарной медицины и биотехнологии предусматривается на III курсе, в соответствии с учебным планом и программой, утвержденной 15.03.2001 года.

РАЗДЕЛ 2

Методические советы по изучению отдельных тем дисциплины и вопросы для самостоятельной проверки знаний

Тема 1. Основы ядерной физики

Мельчайшая частица химического элемента, обладающая его химическими свойствами, называется атомом. Атом состоит из электронного облака (электрон несет один отрицательный заряд электричества), внутри которого находится ядро. Ядро атома состоит из протонов (каждый из которых имеет один положительный заряд, равный заряду электрона) и нейтронов (электрически нейтральных частиц), масса которых на 0,00014 а.е.м. больше, чем масса протона. Протоны и нейтроны имеют общее название – нуклоны и могут превращаться друг в друга. Масса электрона в 1840 раз меньше массы протона и в абсолютном выражении составляет $9,1 \cdot 10^{-28}$ г. Структурной единицей протонов и нейтронов является кварк. Каждый отдельный атом электронейтрален, что связано с равенством положительных зарядов протонов ядра и отрицательных зарядов электронов, составляющих электронное облако. Электроны, как отрицательно заряженные частицы, удерживаются положительно заряженным ядром благодаря кулоновским силам. Кроме того, на электроны, находящиеся в атоме действуют центробежные и экранирующие силы. Протоны и нейтроны связаны в ядре особыми ядерными силами, и обладают свойством насыщения, т.е. каждый нуклон взаимодействует только с ограниченным количеством соседних нуклонов. При неравном количестве протонов и нейтронов, увеличении общего числа нуклонов в ядре ядерные силы значительно ослабевают, чем и объясняется меньшая устойчивость ядер тяжелых элементов. Энергию связи ядра можно рассчитать по дефекту массы, которая показывает, насколько прочно связаны нуклоны в ядре, а так же, сколько выделилось энергии при образовании ядра из отдельных нуклонов. Сред-

ная величина энергии связи, приходящаяся на один нуклон, называется удельной энергией связи и колеблется около 8 Мэв (кроме ядер легких элементов).

Химические свойства атома определяются числом протонов в его ядре. Все атомы одного элемента имеют одинаковое количество протонов в ядре, но число нейтронов может быть различно. Атомы, имеющее равное количество протонов, но разное число нейтронов называются изотопами. Такие элементы имеют одинаковый номер в таблице Д. И. Менделеева, но разное массовое число.

Изотопы, в ядрах которых количество протонов и нейтронов приблизительно равно – устойчивы, это стабильные изотопы. Изотопы, в ядрах которых нейтронов в 1,5-2 раза больше, чем протонов (или протонов больше, чем нейтронов) неустойчивы, так как начинает проявляться свойство насыщения ядерных сил. Ядра этих изотопов, стремясь к наиболее устойчивому состоянию, перестраиваются, что сопровождается выделением из ядра энергии в виде частиц или квантов (порций) электромагнитного излучения. Поток этих частиц или квантов энергии называется радиоактивным излучением, или ионизирующим излучением, или радиацией. Свойство ядер самопроизвольно изменяться, превращаясь в ядра других элементов, называется радиоактивностью, а сам процесс – радиоактивным распадом. Существует несколько типов ядерного распада: α -распад, изомерный переход, внутренняя конверсия, самопроизвольное деление, а также β -распад, который включает в себя электронный распад, позитронный распад и электронный захват. В результате этих превращений из ядра выделяется радиоактивное излучение, которое может состоять из α -частиц, β -частиц, потока фотонов или нейтронов.

Для каждого радиоактивного изотопа средняя скорость распада его ядер индивидуальна (характерна только

для данного изотопа), постоянна и неизменна. Характеристикой скорости распада атома данного элемента является постоянная скорости распада (λ), средняя продолжительность жизни ядра ($\tau=1/\lambda$) и период полураспада ($T_{1/2}$). Активность какого-либо радиоактивного вещества равна числу распадов в единицу времени и измеряется в Кюри (Ки) или Беккерелях (Бк). Активность, приходящаяся на единицу массы (или объема) – удельная активность; на единицу площади – поверхностная активность.

Естественные радиоактивные атомы появились в составе нашей планеты при образовании ее из пылевого облака – остатка взорвавшихся «сверхновых» звезд. На данный момент они сосредоточены в основном в урановых рудах. Различают 3 естественно-радиоактивных семейства: урана – радия ($^{238}\text{U-Ra}$), тория (^{232}Th) и актиния (^{235}Ac). Родоначальником семейства актиния является уран-235, его называли раньше – актиноуран. В результате последовательных радиоактивных распадов (10-14) родоначальники превращаются в стабильные изотопы свинца.

Радионуклиды искусственного происхождения образуются в результате деятельности человека по использованию атомной энергии, испытаний и применения ядерного оружия, ядерного синтеза, с помощью специальных установок и источников излучений. Процесс деления ядер тяжелых элементов (^{235}U , ^{239}Pu , ^{233}U , ^{238}U) может привести к взрыву или быть самоподдерживающимся, регулируемым, с непрерывным выделением определенного количества энергии, что используется в ядерных реакторах, в которых плотность нейтронного потока регулируется особыми стержнями — поглотителями нейтронов.

Из большого числа ядерных осколков и их дочерних продуктов интерес для радиобиологии по своим радиотоксикологическим и физическим характеристикам (величина выхода продукта при делении, период полураспада, вид и

качество излучения) представляют лишь 10 радионуклидов: $^{89,90}\text{Sr}$, ^{95}Zn , ^{95}Nb , $^{103,106}\text{Ru}$, ^{131}I , ^{137}Cs , ^{140}Ba , ^{144}Ce .

Реакция, обратная делению - слияние ядер легких элементов - дейтерия и трития с образованием более тяжелого ядра - гелия, происходит при температуре десятки миллионов градусов (в центре ядерного взрыва). При этом возникает интенсивный поток нейтронов, вызывающий образование значительного количества продуктов активации (наведенной радиоактивности), в частности трития, бериллия, ^{14}C .

Искусственные радионуклиды получают и используют в таких количествах, что возникающее при этом излучение имеет интенсивность, в миллионы раз превосходящую интенсивность естественных источников излучения.

При взаимодействии с веществом α - и β - частицы вызывают ионизацию, возбуждение или поляризацию молекул и атомов. Число пар ионов, образованных ядерной частицей на единице пути - удельная ионизация или плотность ионизации. Она возрастает с увеличением заряда частицы и с уменьшением ее скорости. Чем больше линейная потеря энергии (ЛПЭ) частицы, тем выше плотность ионизации. Кроме того, α - и β -частицы затормаживаются в электрическом поле ядра или электронного облака, что вызывает радиационные потери энергии этих частиц в виде тормозного рентгеновского излучения. Все α -частицы, испускаемые радиоактивным изотопом, имеют практически одинаковую энергию, движутся в веществе прямолинейно и тормозятся на одной и той же глубине. β -частицы, испускаемые радиоактивным изотопом, имеют разную энергию, движутся непрямолинейно и поглощаются веществом на различной глубине по экспоненциальному закону. Гамма-излучение или γ -кванты, при прохождении через вещество, теряют свою энергию, главным образом, за счет трех эффектов: фотоэлектрического поглощения, комптоновского рассеяния и образования электронно-позитронных пар.

Относительная величина каждого из этих эффектов зависит от атомного номера поглощающего материала и энергии фотона. Нейтроны, при прохождении через вещество, теряют свою энергию при упругих и не упругих столкновениях с его ядрами; возможен также захват «медленных» нейтронов ядром атома поглощающей среды, что приводит к их «наведенной» радиоактивности. Вид взаимодействия зависит от энергии нейтронов и атомного номера поглощающего вещества.

Литература:

1. с. 7-36.
2. с. 31-51.
3. с. 12-31.
4. с. 34-39.
5. с. 7-38, 81-85.
6. с. 8-43.
7. с. 3-120.

Вопросы для самопроверки

1. Опишите строение атома и атомного ядра. Дайте физическую характеристику элементарных частиц.
2. Вычислите энергию связи нуклонов в ядре гелия.
3. Что такое изотопы, изомеры и изобары?
4. Что такое радиоактивность и радиоактивное излучение?
5. Какие бывают типы ядерных превращений? Дайте характеристику различным видам ядерных излучений.
6. В чем заключается закон радиоактивного распада и его практическое использование в радиологии.
7. Объясните механизм цепных реакций деления ядер тяжелых металлов, где они применяются.
8. Объясните механизм реакций синтеза ядер.
9. Объясните, как взаимодействуют α -, β -частицы, нейтроны и γ -излучение с веществом поглотителя.

Тема 2. Радиометрия и дозиметрия

ионизирующих излучений

Ионизирующее излучения растрачивают свою энергию на ионизацию, возбуждение и поляризацию атомов окружающей среды. В результате этих процессов среде передается определенная величина энергии. Для измерения количества поглощенной энергии введено понятие «доза излучения», это величина энергии, поглощенная в единице объема (массы) облучаемого вещества. Доза излучения строго пропорциональна энергии излучения и плотности поглотителя. Измерением доз излучений занимается дозиметрия. Различают экспозиционную, поглощенную, эквивалентную, эффективную эквивалентную и другие дозы.

Экспозиционная доза характеризует ионизационную способность гамма-лучей в воздухе. Единицей экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучений является кулон на 1 кг (Кл/кг). Согласно стандарту, кулон на килограмм — экспозиционная доза рентгеновского или гамма-излучения, при которой сопряженная с этим излучением корпускулярная эмиссия в 1 кг сухого атмосферного воздуха производит ионы, несущие заряд в 1 кулон электричества каждого знака.

Несистемной единицей экспозиционной дозы является рентген. Рентген (Р) — это такая доза гамма-излучения, при которой в 1 см^3 сухого воздуха при температуре 0°C и давлении 760 мм рт. ст. образуется 2,083 млрд пар ионов, каждый из которых имеет заряд, равный заряду электрона. Дозе 1 Р соответствует поглощение 1 г воздуха 83 эрг энергии, а 1 г биологической ткани 93 эрг ($1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$). Производные от рентгена — миллирентген ($1 \text{ мР} = 10^{-3} \text{ Р}$) и микрорентген ($1 \text{ мкР} = 10^{-6} \text{ Р}$). За единицу измерения мощности экспозиционной дозы принят ампер на 1 кг (А/кг). Несистемная единица — рентген в 1 с (Р/с; $1 \text{ Р/с} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$).

Биологический эффект гамма - и рентгеновского излучений зависит от величины поглощенной дозы, т. е. количества энергии излучения, поглощенной единицей массы вещества. Единицей поглощенной дозы излучения является джоуль на 1кг (Дж/кг). Согласно стандарту, джоуль на килограмм — поглощенная доза излучения, измеряемая энергией в 1 джоуль любого вида ионизирующего излучения, переданной массе в 1 кг облученного вещества. За единицу поглощенной дозы в Международной системе единиц принят Грэй (Гр). $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$.

Несистемной единицей поглощенной дозы является рад – радиационная абсорбированная доза ($1 \text{ рад} = 100 \text{ эрг/г} = 10^{-2} \text{ Дж/кг} = 10^{-2} \text{ Гр}$).

В условиях лучевого равновесия заряженных частиц экспозиционной дозе 1 Кл/кг соответствует поглощенная доза 33,85 Гр в воздухе или 36,9 Гр в биологической ткани, внесистемной единице I P соответствует поглощенная доза 0,873 рад в воздухе или 0,95 рад в биологической ткани. Поэтому с погрешностью до 5 % экспозиционную дозу в рентгенах и поглощенную дозу в ткани в радах можно считать совпадающими.

Эквивалентная доза — поглощенная доза в органе или ткани, умноженная на соответствующий взвешивающий радиационный коэффициент (ВРК) для данного излучения. Эта величина вводится для оценки радиационной опасности хронического облучения излучением различных видов. Единицей измерения эквивалентной дозы является Зиверт (Зв). Несистемной единицей эквивалентной дозы является бэр – биологический эквивалент рентгена ($1 \text{ бэр} = 10^{-2} \text{ Зв}$).

Эффективная эквивалентная доза — величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов с учетом их радиочувствительности. Она представляет сумму произведений эквивалентной дозы в органе

на соответствующий взвешивающий тканевый коэффициент (ВТК) для данного органа или ткани. Единицей измерения является зиверт (Зв).

В практике используется понятие поглощенной, эквивалентной и эффективной мощности дозы — доза, отнесенная к единице времени. Мощность дозы, измеренную на расстоянии 1 м от поверхности зараженного объекта, называют уровнем радиации. Если уровень радиации во времени не изменяется, то произведение величины уровня радиации на продолжительность облучения дает дозу облучения.

Практическое значение дозиметрии состоит в возможности прогноза биологического эффекта от излучения. Чем больше мощность дозы - тем больше повреждений. Так, общая доза 50 рад за 1 секунду вызывает повреждения, а за жизнь считается нормой.

При заражении местности продуктами ядерного взрыва или в результате аварий на атомных предприятиях уровень радиации непрерывно снижается во времени, так как выпадают на местность и образуются из дочерних нуклидов изотопы с разным периодом полураспада: от долей секунды до многих лет. В результате распада короткоживущих изотопов уровень радиации сначала быстро снижается, а затем уменьшение его постепенно замедляется.

Радиометрия занимается измерением активности радионуклидов и их идентификацией. Для установления соотношения между активностью радионуклида и экспозиционной дозой, создаваемой им, используют гамма-постоянную (K_γ) — это мощность экспозиционной дозы (Р/час) от гамма-источника с активностью 1 мКи на расстоянии 1 см от него. Значения K_γ приводятся в специальных таблицах, так для ^{137}Cs ($^{137}\text{Ba}^m$) - 3,55 Р/час, для ^{40}K ($^{40}\text{Ar}^m$) — 0,86 Р/час, для ^{131}I ($^{131}\text{Xe}^m$) — 2,3 Р/час.

Для обнаружения ионизирующих излучений, измерения активности и доз излучений применяют разнообразные де-

текторы, работа которых основана на физико-химических эффектах, возникающих при взаимодействии излучений с веществом. Ионизационные детекторы измеряют ионизацию газовой среды счетчика, возникающую под действием ионизирующего излучения. Другие детекторы предусматривают измерение вторичных эффектов, обусловленных ионизацией. Так, сцинтилляционный метод основан на том, что после действия ионизирующих излучений некоторые вещества высвечивают поглощенную энергию в виде вспышек света, которые затем преобразуются в электрический сигнал. Действие полупроводниковых детекторов основано на свойстве полупроводников проводить электрический импульс под действием ионизирующих излучений. Фотографический метод заключается в измерении степени почернения фотоэмульсии в связи с восстановлением серебра из его соли под действием ионизирующих излучений. Этот метод используется в автордиографии. Применяются также химические и колориметрические методы измерения ионизирующих излучений.

Радиоактивность препаратов можно определить абсолютным методом (полным учетом числа распадающихся ядер за счет 100% регистрации частиц или квантов, вылетающих из пробы), расчетным (используя поправочные коэффициенты, учитывающие потери излучения при радиометрии: на геометрию счета, на поглощение частиц воздухом и окном счетчика, на самопоглощение, на обратное рассеяние, на разрешающее время счетчика, на схему распада и на гамма-излучение) и сравнительным методом, который основан на сравнении активности исследуемого препарата с активностью стандартного препарата (эталоны) с известным содержанием изотопа. Очень важно правильно подобрать детектор к изучаемому излучению, так как α -частицы не проникнут в толстостенный счетчик, а γ -излучение вызовет образование слишком малого количества ионов в полости ионизационной камеры.

При работе с радионуклидами, особенно с эталонными источниками, следует обязательно соблюдать санитарные правила радиационной безопасности.

Литература:

1. с. 107-148.
2. с. 52-56.
3. с. 261-266.
5. с. 39-71.
6. с. 44-81, 237-246.
7. с. 120-153.
8. с. 13-207.

Вопросы для самопроверки

1. Объясните принципы работы ионизирующего детектора.
2. Что показывает счетная характеристика счетчика и что понимают под эффективностью счета?
3. Объясните принцип действия сцинтилляционных, полупроводниковых, химических и колориметрических детекторов.
4. В чем состоит сущность сравнительного, расчетного и абсолютного методов измерения радиоактивности?
5. Перечислите виды доз и мощности доз излучений. К каким образом можно рассчитать дозу при внешнем и внутреннем облучении?

Тема 3. Биологическое действие ионизирующих излучений и лучевые поражения

Ионизирующие излучения, проникая в биологическое вещество, вызывают образование свободных радикалов, перекисей, полимеров, что существенно изменяет обмен веществ в клетке. Наибольший ущерб клетке причиняется радиационными поражениями биологических мембран и

ядерных структур. В результате действия ионизирующего излучения и нарушенного обмена веществ в пораженной клетке образуются радиотоксины, которые с током крови разносятся по всему организму, нарушая деятельность других органов и систем.

Ткани, обладающие высокой степенью обновления (эпителий, кроветворная ткань) быстрее других реагируют на ионизирующее излучение блоком митозов и гибелью неполноценных клеток. В этих же тканях чаще всего появляются соматические мутации. Интенсивное деление клеток эмбриона обуславливает его чрезвычайную уязвимость по отношению к радиоактивному излучению. В наибольшей степени страдает та ткань, клетки которой делятся в момент облучения, вплоть до полной гибели этой ткани. В тканях, обладающих малой степенью обновления (печень, легкие) происходит накопление дефектов, индуцированных ионизирующим излучением, что вызывает их преждевременное старение или злокачественное перерождение как отдаленное последствие облучения.

Радиационный эффект и степень последующего восстановления нарушенных клеточных структур зависит от величины дозы ионизирующего излучения, ее мощности и репарационных возможностей самой клетки. Чем выше доза и ее мощность, тем большие нарушения можно ожидать в клетках, однако зависимость не прямолинейна. При действии малых доз ионизирующего излучения организм не реагирует на незначительные повреждения активацией репарационных процессов, что приводит к накоплению дефектов в клетках и развитию отдаленных последствий облучения (гипопластические, дисгормональные состояния, склеротические и злокачественные процессы).

Различные живые организмы обладают неодинаковой чувствительностью к ионизирующим излучениям. У большинства сельскохозяйственных животных и челове-

ка первые признаки лучевой болезни проявляются при дозе 150-200 Р костно-мозговым синдромом. При увеличении дозы последовательно развиваются желудочно-кишечный и церебральный синдромы. Инкорпорированные радионуклиды вызывают наибольшее поражение критического органа или ткани.

Литература:

1. с. 38-62.
2. с. 57-120.
3. с. 93-113.
4. с. 57-170.
5. с. 205-269.
6. с. 94-172, 196-231.

Вопросы для самопроверки

1. Объясните механизм действия ионизирующих излучений на биологические структуры.
2. Какая зависимость между дозой излучения, ее мощностью, стадией митотического цикла клетки и радиационным эффектом?
3. Чем характеризуются стохастические и нестохастические эффекты?
4. Опишите развитие лучевой болезни в зависимости от полученной дозы ионизирующего излучения.
5. Опишите отдаленные последствия облучения организма.

Тема 4. Основы радиоэкологии и радиотоксикологии **Прогнозирование и нормирование поступления радионуклидов в организм животных и продукцию животноводства**

Радионуклиды появляются в окружающей среде в результате естественных процессов: под действием космического излучения на газы воздуха и в результате распада

естественных радиоактивных веществ. Кроме того, радионуклиды поступают во внешнюю среду в результате добычи и переработки ядерного топлива, при экспериментальных взрывах и авариях на атомных установках. Попавшие в атмосферу радионуклиды «мокрым» или «сухим» способом оседают на земную поверхность и в зависимости от растворимости радиоактивных осадков и характера листовой кутикулы частично усваиваются листьями. Остальные радионуклиды очень медленно мигрируют вглубь, частично связываясь с различными компонентами почв. В зависимости от прочности этих связей, свойств химического соединения, в которое включен радионуклид (водорастворимое, ионообменное и т.д.), наличия химических аналогов, стабильных изотопов, потребности растений в данном химическом элементе, происходит всасывание и накопление радионуклидов в хозяйственно-ценных частях растений.

Радионуклиды, инкорпорированные в растительную массу, усваиваются в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ) животных и человека в зависимости от потребности организма в данном химическом элементе и степени его доступности. Это основной путь поступления радионуклидов в организм. Некоторая часть радиоактивных веществ поступает в организм с пылью через легкие. Главная опасность этого пути поступления состоит в отсутствии избирательности легочной ткани к радионуклидам – всасываются все элементы, только несколько медленнее, чем через ЖКТ. После всасывания радионуклиды распределяются током крови по всему организму, а затем концентрируются в тканях и органах, главным образом, в зависимости от положения в таблице Д.И.Менделеева. Элементы 1 группы - равномерно по мягким тканям, 2 группы - преимущественно в скелете, 3 и 4 группы - в печени с переходом в скелет, 5, 6 и 7 группы - равномерно или в почках (йод в щитовидной железе). Поэтому для определения каждого радио-

нуклидов нужно брать разные ткани. Для определения йода - щитовидную железу, цезия - мышечную ткань, стронция - кости, плутония - печень и кости. Радионуклиды накапливаются в организме животных до равновесного состояния в зависимости от содержания их в рационе. После чего количество потребленного радионуклида равно выделяемому. Скорость выведения радиоактивных элементов зависит от: насыщенности стабильным изотопом или его химическим аналогом (цезий является аналогом калия, стронций является аналогом кальция), от уровня обмена веществ, от физиологического состояния (лактация, болезнь, беременность) и возраста.

Снижение содержания радионуклидов происходит в результате физического распада радиоактивных ядер и естественного биологического выделения (метаболического), главным образом с калом. Определенная часть радионуклидов выводится с мочой, молоком, яйцом, слюной, секретами потовых и сальных желез. Из организма матери часть радионуклидов поступает в плод, причем, в большей мере это зависит не от содержания радионуклидов в тканях матери, а от уровня содержания их в рационе в период развития плода.

В результате аварии на ЧАЭС выпало большое количество радиоактивных веществ, главным образом короткоживущих. В настоящее время наибольшую опасность представляют цезий-137, стронций-90 и изотопы плутония.

Существует определенная зависимость между содержанием в почве радионуклидов и степенью их накопления в растениях, между уровнем радионуклидов в рационе и накоплением их в тканях животного. Используя эту зависимость можно прогнозировать поступление радиоактивных веществ в корма и продукты животноводства, применять различные методы по снижению содержания радионуклидов в продукции растениеводства, животноводства, пчеловодства, звероводства и рыбоводства.

При расчете средней допустимой концентрации (СДК) радионуклидов и предельно допустимого содержания (ПДС) водорастворимых форм радионуклидов в кормах и рационах животных исходят из предела годового поступления (ПГП) и производной от него величины - предела допустимого поступления (ПДП) их в рацион человека, определенного нормами радиационной безопасности (НРБ).

Расчет СДК и ПДС радионуклидов в кормах и рационах животных проводят при условиях производства и потребления фуража животными, мяса и молока отдельными лицами из населения категории Б с одним продуктом и с двумя и более компонентами рациона. При этом необходимо учесть суточное потребление молока и мяса населением (0,5 и 0,2 кг). При нормировании ^{90}Sr необходимо учесть, что он концентрируется в костной ткани и может при варке переходить в бульон. В среднем потребление продукта принимают равным 0,08 кг мышц и 0,03 кг костной ткани. Доля поступления с молоком ^{90}Sr и ^{137}Cs составляет 25,47 и 21 %, а с мясом (мышцы) - 5 и 23 % соответственно.

Зная СДК ^{90}Sr и ^{137}Cs в кормах при условии непрерывного поступления их из почвы в растения корневым путем, можно оценить предел допустимого уровня (ПДУ) содержания этих радионуклидов в почве угодий, предназначенных для выращивания кормовых культур.

ПДС радионуклидов в рационе существенно изменяется в зависимости от возраста животных, направления их продуктивности, типа питания и вида угодья, на котором выращиваются корма.

Разрабатываемые нормы содержания радионуклидов в почве и кормах не могут быть едиными. Они должны устанавливаться для конкретных условий с учетом особенностей радиационных ситуаций, природно-климатических зон, ведения кормопроизводства и животноводства, видо-

вых, возрастных, физиологических особенностей животных и других факторов.

Литература:

1. с. 1-194.
2. с. 180-206.
3. с. 56-80.
5. с. 79-107.
6. с. 82-94, 176-195.
8. с. 88-209.

Вопросы для самопроверки

1. В каких физико-химических состояниях радионуклиды могут находиться в почве?

2. Дайте радиотоксикологическую характеристику йода-131, цезия-137, стронция-90 и изотопов плутония (238, 239, 240, 241).

3. Назовите основные пути поступления и закономерности распределения радионуклидов в организме животного.

4. Объясните, какие факторы влияют на переход радионуклидов из почвы в продукцию животноводства.

5. Объясните, какие факторы влияют на процесс выведения радионуклидов из организма животных, степень снижения удельной активности в тканях.

Тема 5. Ведение животноводства в условиях радиоактивного загрязнения среды

Основной источник поступления радионуклидов в пищевые цепи - почва; следовательно, для составления прогноза, особенно долгосрочного, необходимо установить взаимосвязь между содержанием радионуклидов в почве и в получаемой на этой территории продукции растениеводства и животноводства.

Поступление радионуклидов в растения, а затем в организм сельскохозяйственных животных и продукцию животноводства прямо пропорционально концентрации их во внешней среде. Этот процесс зависит от многих факторов, среди которых важное значение имеют: физико-химическое состояние радионуклидов в почве, воде; величина коэффициентов их перехода в корма и организм животных, вид, возраст, физиологическое состояние животных, их продуктивность, а также тип рациона.

Содержание радионуклидов в сельскохозяйственной продукции зависит как от плотности загрязнения, так и типа почв, их гранулометрического состава и агрохимических свойств, а также от биологических особенностей возделываемых культур. Минимальный переход ^{137}Cs и ^{90}Sr в растения наблюдается на почвах с оптимальными параметрами агрохимических свойств.

При «свежих» выпадениях радионуклидов наибольшую опасность представляют короткоживущие радионуклиды, в частности, ^{131}I . При однократном поступлении короткоживущих радионуклидов на луга следует прекратить выпас животных и перевести их на стойловое содержание. Кормление следует проводить ранее запасенными кормами или кормами, заготовленными на незагрязненной территории. Учитывая резко выраженную органотропность щитовидной железы к накоплению радиоактивных изотопов йода, для защиты ее рекомендуют в первые недели давать всем животным йодистые препараты, а также блокирующие щитовидную железу, в частности, вводить в рацион содержащие тиоцианат кормовые культуры из семейства крестоцветных (капусту, брюкву, рапс). На заключительных стадиях откорма, за 1-4 мес до убоя, животных переводят на «чистые» корма. После прекращения выпадения радиоактивных осадков основное внимание должно быть уделено мероприятиям по снижению повторного

аэрогенного загрязнения растений и корневого поступления радионуклидов в вегетативную часть растений.

После распада изотопов йода основную опасность представляют ^{137}Cs и ^{90}Sr . Скашивание и уборка трав и через 10 суток после однократного аэрального загрязнения лугов и пастбищ позволяют удалить с растениями до 50 % ^{90}Sr и ^{137}Cs , выпавших на эти угодья. В первый год после выпадений корма загрязнены этими радионуклидами в основном за счет внешнего (первичного и вторичного) загрязнения. Снижение в 2-5 раз поступления радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в организм животных может быть достигнуто изменением содержания животных и путем рациональной организации кормовой базы.

Комплексная система мер по снижению поступления радионуклидов в кормовые культуры включает в себя проведение организационных мероприятий и мероприятий, направленных на снижение корневого поступления в растения радионуклидов.

Организационные мероприятия носят долговременный характер и включают обследование загрязненных сельскохозяйственных угодий, их инвентаризацию по плотности загрязнения и прогнозирование накопления радионуклидов в кормах, планирование мероприятий по улучшению кормовых угодий, формирование структуры радиационного контроля продукции.

Мероприятия по снижению концентрации радионуклидов в растениях при корневом их поступлении разделяют на две группы: традиционные в растениеводстве приемы, направленные на повышение плодородия почвы, урожайности и качества продукции и специальные приемы, направленные на снижение накопления радионуклидов в продукции растениеводства. Так, наиболее надежным способом снижения перехода радионуклидов в траву сенокосов и пастбищ является их коренное улучшение с прове-

дением комплекса агрохимических мероприятий (известкование кислых почв, внесение органических удобрений и повышенных доз калийных и фосфорных удобрений) с видовым (сортовым) подбором трав.

Эффективный способ снижения загрязнения радиоактивным цезием продуктов животноводства - использование в рационах кормовых добавок (сорбентов), связывающих радионуклиды в желудочно-кишечном тракте животных. Сорбенты подразделяют по происхождению (природные и искусственные) и по спектру действия (селективные, способные избирательно связывать определенные радионуклиды, и широкого спектра действия, связывающие сразу несколько радионуклидов).

К природным сорбентам относят обыкновенную глину, цеолиты, бентонит, хумолит, вермикулит и др. К искусственным относят ферроцианидные препараты. Промежуточную группу представляют сорбенты, выделенные и сконцентрированные из природных источников. Это прежде всего производные альгиновой кислоты, получаемые из морских водорослей, а также пектины, получаемые из растительных, богатых этими веществами продуктов (яблоки, некоторые виды водорослей и др.), и хитозан, получаемый из панцирей краба и др. Следует отметить, что у жвачных сорбенты органической природы, как правило, неэффективны из-за разрушения их микрофлорой рубца. Усилить скорость выведения радиоактивных элементов из организма животных позволяет направленное изменение обмена веществ.

К технологическим приемам, позволяющим снизить удельную активность продукции животноводства относят: тщательную очистку продукции (шерсть, шкуры, перо) от почвы; переработку молока с получением масла, творога, сыра, очистку его с помощью ионообменных смол, электрофореза; вываривание, засолка и вымачивание мяса.

Литература:

1. с. 196-233.
2. с. 207-241.
3. с. 118-129, 190-214.
5. с. 145-204.
8. с. 210-280.

Вопросы для самопроверки

1. Назовите особенности организации животноводства на территории с различным уровнем содержания радионуклидов в почве.

2. В чем заключается технологические способы переработки животноводческой продукции с целью снижения радиоактивности до предельно допустимого уровня.

3. Как прогнозировать накопление радионуклидов в кормах, выращиваемых на загрязненной радионуклидами территории?

4. Как прогнозировать накопление радионуклидов в получаемом молоке и мясе? 4. Каковы основные пути использования загрязненных сельскохозяйственных угодий?

5. Что можно сделать для снижения накопления радионуклидов в кормах, получаемых с загрязненных угодий?

6. Каковы принципы нормирования поступления радионуклидов в организм сельскохозяйственных животных?

Тема 6. Использование радионуклидных методов и радиационной биотехнологии в животноводстве и ветеринарии

К радионуклидным относят методы «меченных атомов», нейтронно-активационного и радиоиммунологического анализов. В качестве индикаторов радионуклиды (меченые атомы) применяют в исследовательских работах в области физиологии и биохимии животных и растений, а также в раз-

работке методов диагностики и лечения заболевших животных. Этот метод основан на использовании химических соединений, в структуру которых включены в качестве метки радиоактивные элементы. Введенные в организм радионуклиды ведут себя в биологических системах так же, как их стабильные изотопы, что позволяет проследить судьбу не только радиоактивных изотопов, но и различных меченых органических и неорганических соединений и контролировать превращение их в процессе обмена. Контроль за распределением и депонированием радионуклидов в различных органах может осуществляться внешней радиометрией подопытных животных или соответственно подготовленных биоматериалов (кровь, ткань органов, моча, кал и др.). Широко применяют для этих целей метод автордиографии. Можно пометить микробы и вирусы, вводя в тканевые культуры и другие питательные среды растворы радиоактивных изотопов. Метод радиоактивных индикаторов нашел также применение при изучении путей и скорости миграции, мест резервации насекомых, птиц, рыб и животных. В последние десятилетия в биологии, медицине и ветеринарии получили развитие разработки методов *in vitro* радиоизотопных исследований и диагностики заболеваний человека и животных, при которых радионуклиды не вводят в организм и тем самым исключают лучевую нагрузку на него.

Метод нейтронно-активационного анализа позволяет определить ультрамикросколическое количество стабильных изотопов в различных биологических материалах. Он заключается в том, что исследуемый материал подвергают воздействию потока нейтронов в условиях ядерного реактора. В результате образуются радиоактивные продукты (продукты активации), которые затем подвергают радиохимическому анализу и радиометрии.

В радиоиммунологическом методе анализа (РИА) сочетается специфичность, свойственная реакциям антиген -

антитело, с чувствительностью и простотой, которые дает применение радиоактивной метки. Для проведения РИА необходимо иметь соответствующие антисыворотки и меченные радиоактивной меткой антигены. Функцию метки антигенов выполняет радиоактивный изотоп — обычно ^{125}I или ^3H . Эту метку используют затем для обнаружения присутствия связанного комплекса. Метод можно применять и для других систем, в которых вместо специфического антитела будет действовать специфический реагент или связывающее вещество.

Периодическое исследование гормонов в крови радиоиммунологическим методом позволяет контролировать нормальное течение полового цикла, своевременно выявлять нарушения воспроизводительной способности, обоснованно применять гормональные препараты для восстановления половой функции, а также определять оптимальное время для искусственного осеменения животных. Большие перспективы имеет использование РИА с целью прогнозирования молочной и мясной продуктивности животных, в диагностике лейкозов животных, диагностике бешенства, установления тяжести лучевого поражения до проявления клинико-гематологических изменений в облученном организме у животных.

Исследование действия ионизирующей радиации на биологические объекты в зависимости от дозы, мощности облучения и состояния облучаемого объекта послужило основой разработки и внедрения в сельское хозяйство радиационно-биологической технологии (РБТ). В качестве источников излучения используют гамма-установки с радионуклидами ^{60}Co и ^{137}Cs , ускорители электронов с энергией до 10 МэВ, а также источники излучения, связанные с ядерными реакторами (радиационные контуры, частично или полностью отработанные ТвЭЛЫ - радиоактивные отходы атомной энергетики). Известно, что под влиянием ионизирующих излучений легко возни-

кают хромосомные и генные, или точечные, мутации. Хромосомные мутации, как правило, приводят к летальному исходу; они имеют значение в стерилизующем эффекте радиации. Для радиационной селекции важны генные мутации. На основе радиационного мутагенеза в растениеводстве успешно решаются вопросы получения высокоурожайных, устойчивых к неблагоприятным условиям среды и действия патогенных вредителей новых сортов. В микробиологической практике используют обычно дозы, при которых остается 1 - 5 % выживших микроорганизмов. При радиационной селекции растений часто используют дозы, вызывающие гибель 70 % растений. Среди оставшихся 30 % выживших растений можно наблюдать большое количество мутаций.

Радиоактивные излучения (в определённом интервале доз) используют для радиационной стимуляции растений с целью ускорения их развития и повышения урожайности, повышения хозяйственно полезных качеств птицы, радиационной стимуляции животных с целью повышения их выживаемости, ускорения роста, увеличения массы тела и улучшения качества продукции. Считают, что механизмом стимулирующего действия излучения является образование неспецифических триггер-эффекторов хиноидной природы (в определённых для каждого случая концентрациях). Следует учесть, что ускорение роста и развития может приводить к сокращению продолжительности жизни организма, что в целом является отрицательным явлением. Вместе с этим в животноводстве оно может приобретать положительное значение с хозяйственной точки зрения.

В ветеринарии радионуклиды и ионизирующие излучения применяют для диагностических и лечебных целей: при актиномикозе у коров, демодекозе у собак, обильном разрастании грануляций и злокачественных новообразованиях конъюнктивы и кожи, асептических воспалительных процессах суставов у лошадей.

Бактерицидное действие ионизирующих излучений лежит в основе получения кормов и кормовых добавок из сырого осадка сточных вод (ОСВ) и избыточного активного ила (ИЛИ). ОСВ и ИЛИ можно рассматривать как ценное сырье для получения корма и кормовых добавок для животных. Так, активный ил содержит около 70 % органических веществ, 30 - 40 % белков, жиров, углеводов, витаминов и минеральных веществ, практически все заменимые и незаменимые аминокислоты. Поглощенная доза 10 - 20 кГр обеспечивает стерильность по всем наиболее часто встречающимся в отходах возбудителям инфекционных и инвазионных болезней. Подвергнутые радиационной обработке ОСВ и ИЛИ могут быть использованы также и в качестве органо-минеральных удобрений.

Ионизирующее излучение используется для обеззараживания навоза, для дезинфекции сырья животного происхождения при инфекционных заболеваниях (шерсти, меха, шкур, кожевенного сырья, щетины, пуха, пера), мяса, рыбы и продуктов из них с целью удлинения сроков хранения и обеззараживания при некоторых заболеваниях.

При радиационной обработке может быть улучшено качество грубых кормов, а некормовые растительные материалы (древесные отходы, кукурузные стержни, солома, лузга и др.) могут быть переработаны в высококачественные углеводсодержащие корма и кормовые добавки. При действии радиации осуществляется процесс деполимеризации, происходит амортизация целлюлозы в древесине; она смягчается и повышается ее растворимость в воде. Дозы облучения составляют 100 - 200 кГр. Доказано, что 50 % рациона можно заменять облученной древесиной. Кроме того, корм из растительного сырья после действия ионизирующего излучения пригоден для длительного хранения.

Бактерицидное действие ионизирующего излучения лежит в основе радиационной стерилизации, что используется для стерилизации медицинских и ветеринарных изде-

лий одноразового пользования из полимерных материалов, антибиотиков и сульфаниламидов, гормонов, ферментов и витаминов, инъекционных растворов, готовых вакцин, бактериальных агентов и питательных сред и т.д.

Перспективным оказалось использование ионизирующего излучения для получения принципиально новых препаратов - радиовакцин и радиоантигенов.

Заслуживает внимания использование ионизирующих излучений для половой стерилизации самок сельскохозяйственных животных при откорме с целью повышения их продуктивности, в борьбе с насекомыми-вредителями (радиационная дезинсекция зерна, бобов какао, орехов, сушеных фруктов и др.), в шелководстве для промышленного получения гусениц мужского пола (радиационным андрогенезом).

Литература:

1. с. 235-238.
2. с. 242-321.
3. с. 215-260.
4. с. 424-470.
5. с. 310-354.
6. с. 236-268.
8. с. 281-275.

Вопросы для самопроверки

1. В чем сущность метода «меченых атомов»?
2. Какие конкретные примеры использования радиоизотопных и радиоиммунных методов в животноводстве и ветеринарии вы можете привести?
3. На каких радиобиологических эффектах основано применение ионизирующего излучения в радиационной биотехнологии?
4. В чем сущность бактерицидного действия радиации и ее применение в сельском хозяйстве?

Тема 7. Радиационная экспертиза кормов, воды и продукции животноводства

Служба радиационной безопасности, подразделяющаяся на ряд сфер (геофизическую, медицинскую, сельскохозяйственную и т.д.) создана для контроля уровня радиоактивной загрязненности внешней среды и принятия мер к его снижению, а также предотвращению попадания радиоактивных веществ в продукты питания.

В нашей стране для осуществления радиационного контроля объектов ветеринарного надзора созданы радиологические отделы в республиканских, краевых, областных ветеринарных лабораториях, а радиологические группы - в районных (межрайонных) ветеринарных лабораториях, лабораториях ветеринарно-санитарной экспертизы на рынках, в производственных лабораториях предприятий мясной и молочной промышленности. Радиологические подразделения в вопросах санитарной безопасности руководствуются действующими «Основными санитарными правилами работы с радиоактивными веществами и другими источниками излучений».

Основная задача радиологических отделов и групп - контроль за радиоактивной загрязненностью объектов ветеринарного надзора и продуктов питания, выпускаемых предприятиями мясной и молочной промышленности, а также продукции животноводства и растениеводства, поступающей на рынки.

В целях контроля за загрязненностью среды и своевременного принятия мер по снижению радиоактивности продукции сельского хозяйства производится систематический радиометрический и радиохимический контроль уровней радиации окружающей внешней среды. В объектах ветеринарного надзора (фураж, водоемы, рыба, мясо, молоко, яйца и т.д.) эту работу выполняет ветеринарная радиологическая служба. В период выпадения радиоактив-

ных осадков главная задача ветеринарной радиологической службы — контроль радиационной ситуации, анализ и прогноз состояния здоровья животных в ближайшее время и в перспективе, а также определение уровня загрязненности получаемой продукции и возможности ее использования.

На опыте чернобыльской катастрофы были разработаны простые объективные тесты оценки состояния и жизнеспособности животных. Согласно им при сортировке необходимо выявлять животных со следующими изменениями: нарушением органов дыхания, с ректальной температурой ниже 37 °С, содержанием лейкоцитов в венозной крови ниже 5 тыс. в 1 мм³, толщиной кожной складки в области шеи более 12 мм, длиной волос на холке более 80 мм и курчавостью.

У таких животных выборочно исследуют титры аутоантител к тканям щитовидной железы (по Н. Н. Клемпарской) и определяют радиоиммунологическим методом уровень тиреоидных гормонов в сыворотке или плазме крови. Производят контрольный убой животных (5 % общего числа), у которых определяют характер изменения внутренних органов. При необходимости – животных выбраковывают.

Принятая система радиационного контроля включает ряд последовательно выполняемых этапов: измерение уровня радиации на местности (полевая радиометрия и дозиметрия), отбор проб и подготовка проб к исследованию, прямое определение радиоактивности экспрессными методами, радиохимическое разделение радионуклидов, радиометрия выделенных радионуклидов, расчет активности и составление заключения. Методы радиационного контроля подразделяются на радиометрические, радиохимические и спектрометрические.

В контрольных пунктах (более полно отражающих

характеристику данной местности) одновременно с отбором проб измеряют мощность экспозиционной дозы гамма-фона в данной местности. Естественный гамма-фон создается в приземном слое атмосферы за счет космического излучения и радиоактивности верхних слоев Земли. Величина мощности дозы естественного фона на земной поверхности при отсутствии дополнительного загрязнения искусственными радионуклидами составляет 30-250 нГр/ч. Средний уровень 100 нГр/ч ($\approx 10\text{мкР/ч}$).

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

При взятии проб, их пересылке, а также при оформлении документов, дающих право хозяйству на списание взятых продуктов, следует руководствоваться действующими «Методическими указаниями по отбору и доставке проб объектов ветнадзора для определения их радиоактивной загрязненности».

Вначале определяют суммарную β -активность, которая отражает удельную радиоактивность пробы, что позволяет оперативно получить ориентировочные сведения о радиоактивности исследуемого материала. В целях концентрации пробы проводят минерализацию (желательно вместе с предварительно внесённым носителем). Так как

радиотоксичность радионуклидов не одинакова, для выяснения изотопного состава радионуклидов в исследуемой пробе проводят радиохимический анализ. Радиохимически чистым называют препарат данного радионуклида, не содержащий других радиоактивных веществ. Идентификацию и проверку радиохимической чистоты выделенных из проб радионуклидов выполняют с помощью приборов, используемых для измерения скорости счета препаратов.

Спектрометрический метод радиационной экспертизы применяют для анализа сложных смесей без предварительного выделения радионуклидов. Наиболее широко распространены гамма-спектрометрические методы с использованием сцинтилляционных и полупроводниковых детекторов.

Оценка уровня радиоактивной загрязненности кормов и концентрации радионуклидов в продуктах животного происхождения производится от предельно допустимого содержания (ПДС) радионуклидов в рационе человека. Для определения наличия радиоактивных веществ на поверхности тела и в организме проводят радиометрические исследования приборами СИЧ или СРП-68-01.

Литература.

5. с. 355-370.

3. с. 261-266.

6. с. 269-277.

8. с. 88-209.

Вопросы для самопроверки

1. Каковы основные цели и задачи радиационного контроля?
2. Какая система радиационного контроля объектов ветеринарного надзора используется при глобальных выпадениях радиоактивных веществ?

3. Правила отбора, пересылки и подготовки проб для определения суммарной активности (удельной и объемной) экспрессными методами.

4. На чем основаны методы прижизненного определения радионуклидов в организме животных?

5. Отбор и подготовка проб для радиохимического анализа.

6. Правила измерения гамма-фона.

7. Правила расчета результатов радиометрии с учетом чувствительности радиометра.

8. В чем состоит роль носителей в радиохимическом анализе?

9. Как определяется радиохимическая чистота радионуклидов, полученных после радиохимического анализа?

10. Из каких этапов состоит радиохимический анализ?

Тема 8. Основы радиационной безопасности и организация работы с источниками ионизирующих излучений

Основная цель радиационной безопасности - исключить возникновение генетических эффектов и ограничить возникновение стохастических, сохраняя условия для производственной деятельности человека. Для достижения этой цели в этот документ заложены три основных принципа радиационной безопасности: принцип нормирования; принцип обоснования; принцип оптимизации.

По допустимому уровню облучения население разделено на 3 категории (А, Б и В). Основными дозовыми пределами для лиц категории А являются предельно допустимая доза (ПДЦ), предел годового поступления (ПГП), для категории Б — предел дозы (ПД) внешнего и внутреннего облучений. В исключительных случаях контрольные уровни могут быть выше основных дозовых пределов (например, при ликвидации аварий, монтажно-наладочных работах и т.д.).

На основе законов «О радиационной безопасности населения» и «Об использовании атомной энергии» разработаны и утверждены «Нормы радиационной безопасности», регламентирующие требования законов в форме основного дозового предела, допустимого уровня воздействия ионизирующих излучений и других требований по ограничению облучения человека. Руководящим документом по радиационной безопасности при организации работ с источниками ионизирующих излучений являются «Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений» (ОСП). Источники ионизирующего излучения, конструкция которых исключает попадание радиоактивных веществ в окружающую среду, а также рентгеновские аппараты и гамма-установки, называют закрытыми и персонал может подвергаться только внешнему облучению. Рабочую часть стационарных установок с открытым и неограниченным 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.

При работе с открытыми источниками ионизирующих излучений необходимо обеспечить защиту людей не только от внешнего, но и от внутреннего облучения и предотвращать радиоактивное загрязнение среды. К числу основных профилактических мероприятий при работе с открытыми источниками излучений относятся: правильный выбор планировки 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.

Радиоактивные вещества как потенциальные источники внутреннего облучения по степени радиационной опасности разделяют на четыре группы в зависимости от минимально значимой активности (наименьшая активность источника на рабочем месте, на использование которого не требуется разрешения органов Госсаннадзора). Для группы А (самые опасные) минимально значимая активность составляет 3,7 Бк (например, плутоний-240), для группы Б - 37 Бк (например, стронций-90, йод-131), для группы В - 370 Бк (например, уран-240), и для группы Г - 3700 Бк (например, цезий-137). Все работы с открытыми источниками разделяют на 3 класса в зависимости от группы радиационной опасности радионуклида и его активности на рабочем месте. Самый строгий контроль - для работ 1 класса (отдельное здание, разделённое на 3 зоны). Оборудование и рабочая мебель должны иметь гладкую поверхность, простую конструкцию и слабосорбирующие покрытия, облегчающие удаление радиоактивных загрязнений, нужны вытяжные шкафы, душевые, и т.д. 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, куртки, брюки, халаты, фартуки, сапоги, ботинки, следы, перчатки, рукавицы, защитные очки, ручные захваты, манипуляторы), применяемые индивидуально и обеспечивающие защиту работающего с радиоактивными веществами от попадания радиоактивных веществ в органы дыхания, пищеварения и на кожу.

При ведении животноводства на зараженной территории важнейшее внимание должно быть уделено обеспечению безопасности работников. В местах, разрешенных для ведения животноводства, радиационный фон не представляет прямой опасности для здоровья человека, однако

необходимо защитить органы дыхания, пищеварения и кожные покровы работающих от радиоактивной пыли. Для этого используют средства противопылевой защиты (ватно-марлевые повязки, респираторы, халаты, куртки, комбинезоны, головные уборы), которые в конце работы тщательно стирают и сушат. При использовании техники работу следует проводить таким образом, чтобы избежать запыления. Кабины машин должны быть герметизированы. Все свежие фрукты и овощи перед употреблением в пищу тщательно промывают водой, и желательнее после этого удалить верхний слой. Пищу принимают в специально отведенных местах; перед этим снимают спецодежду и тщательно соблюдают правила личной гигиены.

Серьезное значение для радиационной безопасности имеет проблема переработки и захоронения радиоактивных отходов, которые могут быть жидкими и твердыми. К жидким радиоактивным отходам относят материалы с содержанием радиоактивных веществ выше допустимой концентрации радионуклидов в воде для лиц категории Б (ДКБ). Их делят на слабоактивные - $3,7 \cdot 10^5$ Бк/л, среднеактивные - от $3,7 \cdot 10^5$ до $3,7 \cdot 10^{10}$, высокоактивные - свыше $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк/л. К твердым отходам относят твердые материалы и предметы с содержанием радиоактивных веществ больше $7,5 \cdot 10^4$ Бк/кг для бета-излучателей, $7,5 \cdot 10^3$ для альфа-излучателей и $1 \cdot 10^7$ г · экв/Ra для гамма-излучателей.

При малых количествах жидких отходов (до 200л), а также при невозможности их разбавления отходы собирают в специальные емкости для последующего удаления в пункты захоронения радиоактивных отходов.

Твердые отходы собирают в сборники разового пользования (пластиковые мешки или др.) и удаляют в специально выделенные места для временного хранения с целью накопления, а затем вывозят в пункты захоронения.

Для концентрирования отходов проводят их озоление, или выпарку, или ионный обмен. Полученные концентрированные отходы в виде кубовых остатков выпарных аппаратов, отработанных ионообменных фильтров и шлаков удаляют для долговременного хранения в специальной емкости. Используют также методы цементированья, остекления, битумирования. Высокоактивные концентрированные радиоактивные отходы хранят в специальных помещениях (хранилищах), исключаящих разгерметизацию и утечку радионуклидов в окружающую среду.

Литература.

3. с. 267-273.

4. с. 471-529.

5. с. 371-378.

6. с. 278-282.

7. с. 153-170.

8. с. 5-10.

Вопросы для самопроверки

1. Какова основная цель радиационной безопасности?
2. Какими документами регламентируются основные дозовые пределы и условия работы с источниками ионизирующих излучений?
3. Какие способы дезактивации рабочих поверхностей, оборудования, посуды и др. применяются при загрязнении их радиоактивными веществами?
4. Какие средства защиты применяют при работе с источниками ионизирующих излучений?

Рекомендуемая литература

Основная

1. Фокин А.Д., Лурье А.А., Торшин С.П. Сельскохозяйственная радиология. Учебник для ВУЗов. М.: Дрофа, 2005. – 367 с.
2. Гудков И. Н. Основы общей и сельскохозяйственной радиобиологии. – Киев : из-во УГСХА, 1991. – 328 с.
3. Анненков Б. Н., Юдинцева Е. В. Основы сельскохозяйственной радиологии. – М.: Агропромиздат, 1991.
4. Радиобиология человека и животных : учеб. пособие для вузов / С. П. Ярмоненко, А. А. Вайнсон. - М. : Высш. шк., 2004. - 549 с.
5. Белов А. Д., Киршин В. А., Лысенко Н.П. и др Радиобиология // Под ред. Белова А. Д. – М.: Колос, 1999. – 384 с.
6. Белов А. Д., Киршин В. А. Ветеринарная радиобиология.-М.:Агропромиздат, 1987. – 287 с.
7. Крапивина Е. В. Элементы ядерной физики и основные дозовые характеристики в сельскохозяйственной радиобиологии : учеб. пособие, Брянская ГСХА. - Брянск : БГСХА, 2000. - 196 с.
8. Лысенко Н.П., Пак В.В., Рогожина Л.В., Кусурова З.Г., Тимофеев С.В. Практикум по радиобиологии : учеб. пособие для вузов. - М. : КолосС , 2007. - 399 с.

Дополнительная

1. Гозенбук В. П., Кеирим-Маркус И. Б. Дозиметрические критерии тяжести острого облучения человека. – М.: Энергоатомиздат, 1988.
2. Голутвина М. М., Абрамов Ю. В. Контроль за поступлением радиоактивных веществ в организм человека и их содержанием. – М.: Энергоатомиздат, 1989.

3. Гродзинский Д. М. Радиобиология растений. – Киев: Наукова думка, 1989.
4. Гусев Н. Г., Ковалев Е. Е, Машкович В. П. И др. Защита от ионизирующих излучений. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
5. Журавлев В. Ф. Токсикология радиоактивных веществ. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
6. Иванов А. Е., Куршакова Н. Н., Соловьев А. И. Радиационный рак легкого. – М.: Медицина, 1990.
7. Иванов В. Д. Курс дозиметрии. – М.: Энергоатомиздат, 1988.
8. Ильин В. Н., Борисова В. В., Ветух В. А. Отдаленные биологические эффекты комбинированного действия радионуклидов различной тропности. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
9. Киршин В.А., Бударков В.А. Ветеринарная противорадиационная защита.- М.: Агропромиздат, 1990.
10. Красавин В.А. Проблема ОБЭ и репарация ДНК. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
11. Куна П. Химическая радиозащита. - М.: Медицина, 1989.
12. Максимов М.Т., Оджагов Г.О. Радиоактивные загрязнения и их измерения. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
13. Москалев Ю.И. Отдаленные последствия ионизирующих излучений. - М.: Медицина, 1991
14. Москалев Ю.И. Радиобиология инкорпорированных радионуклидов. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
15. Москалев Ю.И. и др. Проблемы радиобиологии ^{238}Pu . – М.: Энергоатомиздат, 1993.
16. Радиация и гомеостаз. / Под ред. В.П.Валуды. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
17. Радиоактивные вещества. Справочник. / Под ред. Л.А. Ильина и В.А. Филова. – Л.: Химия, 1990.

18. Севаньякаев А.В. Радиочувствительность хромом лимфоцитов человека в митотическом цикле. – М.: Энергоатомиздат, 1987.

19. Филлюшкин И.В. Петоян И.М. Теории канцерогенного риска воздействия ионизирующего излучения. – М.: Энергоатомиздат, 1986.

20. Швыдко Н.С., Иванова Н.П. Рушонок С.И. Физико-химическое состояние и обмен плутония и америция в организме. – М.: Энергоатомиздат, 1987.

21. Кузин А. М. Идеи радиационного гормезиса в атомном веке. - М.: Наука, 1995, 158с.

22. Ильин Л. А., Кириллов В. Ф., Коренков И. П. Радиационная гигиена. -М.: Медицина, 1999, 380 с.

23. Ильин Л. А., Кириллов В. Ф., Коренков И. П. Радиационная безопасность и защита: Справочник. -М.: Медицина, 1996, 336 с.

24. Бударков В. А., Зенкин А. С., Киршин В. А. Краткий радиоэкологический словарь. - Саранск: Изд. Мордовского ун-та, 1999, 256 с.

25. Киршин В. А. и др. Радиобиологические эффекты у животных. - М., 1999.

26. Ведение животноводства в условиях радиоактивного загрязнения среды : учеб. пособие для вузов / Н. П. Лысенко, А. Д. Пастернак, Л. В. Рогожина, А. Г. Павлов . - СПб. : Лань, 2005. - 240 с. - ISBN 5-8114-0610-X (в пер.)

27. Крапивина, Е. В. Радиобиология. История развития: учеб. пособие; Брянская ГСХА. - Брянск : БГСХА, 2000. - 62 с.

28. Радиобиология. Радиационная безопасность сельскохозяйственных животных: учеб. пособие для вузов по спец. "Зоотехния" и "Ветеринария" / под ред. В. А. Бударкова и А. С. Зенкина. - М. : КолосС , 2008. - 351 с.

29. Экологические и радиобиологические последствия Чернобыльской катастрофы для животноводства и

пути их преодоления / под ред. Р.Т. Ильязова. - Казань : Фэн, 2002. - 330 с.

30. Орлов, Б. Н. Биологические основы действия электромагнитных излучений на организм / Б. Н. Орлов, А. В. Казаков; Нижегородская ГСХА ; под ред. Орлова Б. Н. - Н. Новгород : НГСХА, 2009. - 241 с.

31. Архангельский В. И. Радиационная гигиена. Практикум : учеб. пособие для вузов / В. И. Архангельский, Кириллов В. Ф., Коренков И. П. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2009. - 352 с.

Задания для контрольной работы

Номера вопросов, которые должны быть освещены в контрольной работе, устанавливаются по приведенной ниже таблице с учетом учебного шифра студента. Например, учебный шифр студента (номер зачетной книжки) 5323. Для нахождения номеров вопросов контрольного задания нужно в первой горизонтальной строке таблицы найти последнюю цифру шифра, то есть цифру 3. В первой вертикальной графе следует найти предпоследнюю цифру (в нашем случае - 2). В клетке таблицы, находящейся на месте пересечения указанных координат обозначены номера вопросов данной контрольной работы студента.

Вопросы для выполнения контрольной работы:

1. Предмет и задачи сельскохозяйственной радиобиологии.
2. Строение атома и физическая характеристика элементарных частиц.
3. Свойства орбитальных электронов.
4. Что такое изомеры, изобары, и изотопы. Чем отличаются стабильные и радиоактивные изотопы?

5. Свойства ядерных сил, расчет дефекта массы и удельной энергии связи нуклонов в ядре.
6. Явление радиоактивности. Естественная и искусственная радиоактивность.
7. Альфа-распад. Физическая характеристика α -частиц и свойства α -излучения.
8. Электронный распад. Физическая характеристика β -частиц и свойства β -излучения.
9. Изомерный переход. Физическая характеристика γ -частиц и свойства γ -излучения.
10. Внутренняя конверсия. Механизм образования электронов внутренней конверсии и характеристического рентгеновского излучения.
11. Закон радиоактивного распада и практическое использование его в радиологии.
12. Единицы радиоактивности. Удельная радиоактивность.
13. Ядерные реакции деления и синтеза ядер. Управляемые ядерные реакции деления.
14. Радиоактивные продукты ядерного деления. Получение и свойства искусственных радиоактивных изотопов.
15. Ионизационные и радиационные потери альфа-частиц при взаимодействии с атомами среды.
16. Зависимость удельной плотности ионизации от типа ионизирующего излучения и его мощности. Пик Брэгга.
17. Закон ослабления бета-частиц в веществе. Слой половинного ослабления β -частиц в веществе.
18. Взаимодействие γ -излучения с веществом. Закон ослабления γ -излучения.
19. Основные эффекты взаимодействия нейтронов с веществом.
20. Цель и задачи радиометрии и дозиметрии.

21. Принцип ионизационного метода детектирования ионизирующих излучений.
22. Сцинтилляционный метод детектирования ионизирующих излучений.
23. Авторадиографический метод детектирования ионизирующих излучений.
24. Классификация радиометрических и дозиметрических приборов, их устройство и назначение.
25. Принцип сравнительного (относительного, эталонного) метода измерения радиоактивности.
26. Принцип расчетного метода измерения радиоактивности.
27. Принцип относительного метода измерения радиоактивности.
28. Доза радиоактивного излучения и её мощность. Виды доз радиоактивного излучения, единицы доз радиоактивного излучения и мощности излучения.
29. Правила расчета доз при внешнем гамма излучении.
30. Правила расчета доз при внутреннем альфа-излучении.
31. Правила расчета доз при внутреннем бета-излучении.
32. Теории прямого и непрямого действия ионизирующего излучения на биологические структуры.
33. Теория образования первичных радиотоксинов и цепных реакций в тканях под действием ионизирующего излучения.
34. Структурно-метаболическая теория биологического действия ионизирующих излучений.
35. Гипотеза эндогенного фона повышенной радиорезистентности и иммунобиологическая концепция действия ионизирующего излучения.
36. Действие ионизирующих излучений на клетку.

37. Лучевая болезнь. Отдаленные последствия действия радиации.

38. Влияние ионизирующих излучений на кровь и кроветворные органы.

39. Влияние ионизирующих излучений на иммунологическую реактивность животных.

40. Влияние ионизирующих излучений на сердечно-сосудистую систему.

41. Этиология и патогенез костно-мозгового синдрома при лучевой болезни.

42. Этиология и патогенез желудочно-кишечного синдрома при лучевой болезни.

43. Этиология и патогенез церебрального синдрома при лучевой болезни.

44. Радиационный мутагенез. Зависимость генетического эффекта от вида излучений, величины дозы и её мощности.

45. Действие ионизирующих излучений на зародыш, эмбрион, плод и потомство.

46. Отдаленные последствия радиоактивного облучения организма.

47. Классификация радионуклидов по их токсичности для человека и животных

48. Радиотоксикологическая характеристика иода-131.

49. Радиотоксикологическая характеристика цезия-137.

50. Радиотоксикологическая характеристика стронция-90.

51. Радиотоксикологическая характеристика изотопов плутония.

52. Источники и пути поступления радионуклидов во внешнюю среду.

53. Некорневое поступление радионуклидов в кормовые культуры и загрязнение ими продукции животноводства.

54. Радиоактивное загрязнение лесных фитоценозов. Дернинные резервуары.

55. Физико-химическое состояние радионуклидов в воде и почвах.

56. Поведение радионуклидов (цезия-137 и стронция-90) в почвах и степень их усвоения растениями в зависимости от агрохимических показателей почв.

57. Поведение радионуклидов (цезия-137 и стронция-90) в почвах и степень их усвоения растениями в зависимости от гранулометрического и минералогического состава почв.

58. Источники и пути поступления радионуклидов в организм животных, их всасывание и закономерности распределения по тканям и органам.

59. Закономерности выведения радионуклидов из организма и переход их от матери к потомству.

60. Влияние различных факторов на переход радионуклидов из рационов животных и птицы в продукцию животноводства и птицеводства.

61. Использование кормовых угодий, загрязненных радионуклидами.

62. Организация животноводства в условиях радиоактивного загрязнения среды.

63. Прогнозирование поступления радионуклидов в корма и продукты животноводства.

64. Пути и способы хозяйственного использования кормов, животных и продукции животноводства, загрязненных радионуклидами.

65. Использование веществ, ускоряющих выведение радионуклидов из организма животных с целью получения пригодной в пищу продукции.

66. Технологические способы переработки животноводческой продукции с целью снижения радиоактивности до предельно допустимого уровня.

67. Использование радиоактивных изотопов в качестве индикаторов (меченых атомов).

68. Радиоиммунологический метод анализа (РИА).

69. Использование радиоактивных изотопов и ионизирующих излучений для диагностики болезней и лечения животных.

70. Использование в сельском хозяйстве радиационно-биологической технологии (РБТ).

71. Правила отбора и пересылки проб кормов, воды и продукции животноводства для радиационной экспертизы.

72. Экспрессные методы определения удельной бета-радиоактивности проб.

73. Экспрессные методы определения удельной гамма-радиоактивности проб. Правила измерения гамма-фона.

74. Схема радиохимического проб воды, кормов и животноводческой продукции.

75. Основы радиационной безопасности. Организация работы с источниками ионизирующих излучений.

76. Средства индивидуальной защиты.

НОМЕРА ВОПРОСОВ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1, 20, 32,52, 67	11,30, 42,62, 67	2, 28, 32,57, 67	12,26, 42,52, 67	3,24, 32,62, 67	13,22, 40,57, 67	4,20, 50,52, 67	14,30, 40,62, 67	5,28, 50,56, 67	15,26, 40, 66, 67
1	2, 21, 33, 53, 68	12, 31, 43, 63, 68	3, 29, 33, 58, 68	13, 27, 43, 53, 68	4, 25, 31, 63, 68	14, 23, 41, 58, 68	5, 21, 51, 53, 68	15, 31, 41, 63, 68	6, 29, 51, 57, 68	16, 27, 41, 52, 68
2	3, 22, 34, 54, 69	13, 20, 44, 64, 69	4, 30, 34, 59, 69	14, 28, 44, 54, 69	5, 26, 32, 64, 69	15, 24, 42, 59, 69	6, 22, 32, 54, 69	16, 20, 42, 64, 69	7, 30, 32, 58, 69	17, 28, 42, 53, 69
3	4, 23, 35, 55, 70	14, 21, 45, 65, 70	5, 31, 35, 60, 70	15, 29, 45, 55, 70	6, 27, 33, 65, 70	16, 25, 43, 60, 70	7, 23, 33, 55, 70	17, 21, 43, 65, 70	8, 31, 33, 59, 70	18, 29, 43, 54, 70
4	5, 24, 36, 56, 71	15, 22, 46, 66, 71	6, 20, 36, 61, 71	16, 30, 46, 56, 71	7, 28, 34, 66, 71	17, 26, 44, 61, 71	8, 24, 34, 56, 71	18, 22, 44, 66, 71	9, 20, 34, 60, 71	19, 30, 44, 55, 71
5	6, 25, 37, 57, 72	16, 23, 47, 52, 72	7, 21, 37, 62, 72	17, 31, 47, 57, 72	8, 29, 35, 52, 72	18, 27, 45, 62, 72	9, 25, 35, 57, 72	19, 23, 45, 52, 72	10, 21, 35, 61, 72	1, 31, 45, 56, 72
6	7, 26, 38, 58, 73	17, 24, 48, 53, 73	8, 22, 38, 63, 73	18, 20, 48, 58, 73	9, 30, 36, 53, 73	19, 28, 46, 63, 73	10, 26, 36, 58, 73	1, 24, 46, 53, 73	11, 22, 36, 62, 73	2, 20, 45, 57, 73
7	8, 27, 39, 59, 74	18, 25, 49, 54, 74	9, 23, 39, 64, 74	19, 21, 49, 59, 74	10, 31, 37, 54, 74	1, 29, 47, 64, 74	11, 27, 37, 59, 74	2, 25, 47, 54, 74	12, 23, 37, 63, 74	3, 21, 46, 58, 74
8	9, 28, 40, 60, 75	19, 26, 50, 55, 75	10, 24, 40, 65, 75	1, 22, 50, 60, 75	11, 20, 38, 55, 75	2, 30, 48, 65, 75	12, 28, 38, 60, 75	3, 26, 48, 55, 75	13, 24, 38, 64, 75	4, 22, 47, 59, 75
9	10, 29, 41, 61, 76	1, 27, 51, 56, 76	11, 25, 41, 66, 76	2, 23, 51, 61, 76	12, 21, 39, 56, 76	3, 31, 49, 66, 76	13, 29, 39, 61, 76	4, 27, 49, 55, 76	14, 25, 39, 65, 76	5, 23, 48, 60, 76

Приложение 1

Примерный тематический план лекций и лабораторно-практических занятий по дисциплине «Сельскохозяйственная радиобиология» для студентов – заочников по специальности 110401 – «Зоотехния»

N/N	Тематика лекций и лабораторно-практических занятий	Объем в уч. час. (в соответствии с учеб. планом)
	Лекции	
1	Физические основы радиологии	2
	Строение атома и физическая характеристика элементарных частиц. Типы ядерных превращений. Радиоактивные излучения, их виды и свойства. Закон радиоактивного распада и его практическое применение. Единицы радиоактивности. Взаимодействие радиоактивных излучений с атомами среды.	
2	Биологическое действие ионизирующих излучений	2
	Современные представления о механизме биологического действия ионизирующих излучений. Отдаленные последствия облучения организма. Проблема действия малых доз ионизирующего излучения.	
3	Радиоэкология	2
	Миграция радионуклидов по сельскохозяйственным цепочкам: почва – растение – животные - продукты животноводства. Организация животноводства в условиях радиоактивного загрязнения. Технологические способы переработки животноводческой продукции с целью снижения радиоактивности до предельно допустимого уровня.	
	Лабораторно-практические занятия	
1	Устройство и принцип работы ионизационной камеры, вольт - амперная характеристика.	2
2	Газоразрядные счетчики.	2
3	Определение эффективности счетчика с помощью эталонного метода.	2
4	Определение плотности загрязнения почвы с помощью эталонного метода (по KCl).	2
5	Устройство и принцип работы сцинтилляционного детектора.	2
6	Правила определения внешнего радиационного фона, методика экспрессного определения удельной активности радиоцезия в больших объемах кормов и животноводческой продукции.	2
7	Правила прижизненного определения удельной активности радиоцезия в мышцах крупного рогатого скота.	2
8	Прогнозирование поступления радионуклидов в корма и продукты животноводства (краткосрочный и долгосрочный прогнозы).	2

Учебное издание

Крапивина Елена Владимировна
Иванов Дмитрий Валерьевич

Сельскохозяйственная радиобиология

Методические указания по изучению дисциплины
и задания для контрольной работы студентам-заочникам 3 курса
по специальности 110401 – «Зоотехния»

Редактор Лебедева Е.М.

Подписано к печати 15.09.2011 г. Формат 60х84 1/24 Бумага печатная.
Усл. п.л. 3,02. Тираж 100. Издат. № 2011.

Издательство Брянской государственной сельскохозяйственной академии
243365 Брянская обл., Выгоничский р-он, с. Кокино, Брянская ГСХА