

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет им. А.А.
Ежевского»

Факультет биотехнологии и ветеринарной медицины

Кафедра анатомии, физиологии и микробиологии

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«РАДИОБИОЛОГИЯ»**

для студентов, обучающихся по направлению подготовки 36.03.01 –
«Ветеринарно-санитарная экспертиза»

Молодежный 2019 г.

УДК 619.612.014.482 (072)

Рекомендовано к изданию методической комиссией факультета биотехнологии и ветеринарной медицины Иркутского ГАУ имени А.А. Ежевского

Протокол № 3 от 09 декабря 2019 г

Составитель: Сайванова Светлана Алексеевна

Рецензент: к.вет.н Мельцов И.В.

Методические рекомендации предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 36.03.01 «Ветеринарно-санитарная экспертиза» факультета биотехнологии и ветеринарной медицины ФГБОУ ВО Иркутского ГАУ имени А.А. Ежевского для выполнения контрольной работы по дисциплине «Радиобиология».

Сайванова С.А.

ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
2019 г.

Содержание

Введение.....	4
1. Предмет и задачи радиобиологи.....	6
2. Основы радиационной безопасности, организация работ с радиоактивными веществами в условиях радиоактивного загрязнения среды.....	6
3. Физические основы ветеринарной радиобиологии.....	9
4. Дозиметрия и радиометрия ионизирующих излучений.....	15
5. Токсикология радиоактивных веществ.....	16
6. Биологическое действие ионизирующих излучений, лучевые поражения.....	18
7. Основы радиоэкологии. Прогнозирование и нормирование поступления радионуклидов в организм животных и продукции животноводства.....	21
8. Ведение животноводства в условиях радиоактивного загрязнения среды.....	23
9. Ветеринарно-санитарная экспертиза продукции животноводства, полученной на территории, загрязненной радионуклидами.....	
10. Радиационная экспертиза кормов и продукции животноводства.....	25
11. Использование радионуклидных методов и радиационной биотехнологии в животноводстве и ветеринарии.....	26
12. Список вопросов для выполнения контрольной работы.....	27
Приложение.....	31
Рекомендуемая литература.....	32

Введение

«Радиобиология» является специальной учебной дисциплиной в сельскохозяйственных вузах, формирующей полноценного специалиста для работы в условиях реальной радиозэкологической ситуации России, обусловленной последствиями испытания ядерного оружия и техногенными авариями на предприятиях атомной промышленности.

Основная цель курса радиобиологии состоит в том, чтобы дать студентам теоретические знания и практические навыки, необходимые для организации и ведения животноводства в условиях радиоактивного загрязнения среды; определения степени радиоактивной загрязненности почвы, кормов, организма животных и продукции сельскохозяйственного производства; рационального использования кормовой базы, кормов, продукции растениеводства и животноводства, получаемого в условиях радиоактивного загрязнения среды различной плотности; обучить студентов основным методам радиоизотопного, радиоиммунологического анализа и радиационно-биологической технологии, предназначенных для использования в животноводстве и ветеринарии.

Изучение предмета осуществляется в тесной взаимосвязи со специальными и фундаментальными дисциплинами.

«Радиобиология» имеет важное социально-экономическое значение, заключающееся в том, что ветеринарный врач, внедряя в условиях радиоактивного загрязнения среды современные научно-практические достижения радиобиологии, обеспечивает получение безопасной продукции. Это имеет важнейшее значение для охраны здоровья людей, а также способствует повышению продуктивности и сохранности животных, укреплению материального положения сельскохозяйственных производителей.

Основными научно-практическими задачами «Радиобиологии» являются: разработка технологий ведения животноводства в условиях масштабного радиоактивного загрязнения среды, разработка критериев оценки целесообразности и социально-экономической эффективности перепрофилирования деятельности производителей сельскохозяйственной продукции в условиях интенсивного радиоактивного загрязнения среды, разработка средств и способов, снижающих поступление радионуклидов в корма, организм животных и получаемую от них продукцию, разработка методов радиационно-биологической технологии и радиоизотопных исследований, направленных на решение насущных проблем животноводства и аграрной науки.

В соответствии с учебным планом студенты обязаны выполнить по курсу «Радиобиология» одну контрольную работу, сдать экзамен. Контрольная работа включает материал по соответствующим разделам курса и состоит из письменных ответов (с рисунками и схемами) на 5 вопросов.

Номера вопросов устанавливаются по предпоследней и последней цифрами зачетной книжки студента (см. таблицу 1).

В конце работы следует указать список использованной литературы. Контрольная работа должна быть подписана студентом и за 1 месяц до начала сессии отправлена в университет.

При выполнении контрольной работы студенты обязаны использовать как основную, так и дополнительную литературу. Работа должна быть выполнена грамотно, аккуратно, четким почерком. Не допускается сокращение слов. Ответы следует излагать чётко и логично.

Титульный лист оформляется согласно приложению № 1.

1. Предмет и задачи радиобиологии

Радиобиология — наука, изучающая действие всех видов ионизирующих излучений на организмы. Она разрабатывает методы ионизирующих излучений в медицине, сельском хозяйстве, пищевой и микробиологической промышленности, способы защиты биологических объектов от действия радиации и восстановления повреждений, возникающих в организме после облучения.

Задачей, составляющей предмет радиобиологии, является вскрытие общих закономерностей биологического ответа на воздействие радиации. Эта особенность определяет радиобиологию как самостоятельную комплексную научную дисциплину, имеющую тесные связи с рядом теоретических и прикладных областей знаний — биологией, физиологией, цитологией, генетикой, биохимией, биологической и ядерной физикой.

Радиобиология как наука возникла после того, как в 1895 г. Вильгельм Конрад Рентген открыл X-лучи, в 1896 г. Анри Беккерель — естественную радиоактивность, а в 1898 г. Мария Склодовская и Пьер Кюри — радиоактивные свойства полония и радия.

Изучение биологического действия ионизирующих излучений началось сразу же вслед за открытием рентгеновских лучей. Среди самых ранних работ известны классические исследования И. Ф. Тарханова (1896), установившего в опытах на лягушках и насекомых ответные реакции на облучение во многих системах организма.

2. Основы радиационной безопасности, организация работ с радиоактивными веществами в условиях радиоактивного загрязнения среды

Правила безопасности работы с радиоактивными веществами имеют свою специфику. Они регламентируются Международной Комиссией по радиационной защите (МКРЗ), рекомендации которой корректирует и утверждает Международный радиологический конгресс. На основании принятых очередным конгрессом предложений МКРЗ в отдельных странах применительно к местным географическим и экологическим условиям издаются соответствующие правила и законы, определяющие нормы безопасной работы с применением радиоактивных веществ и источников ионизирующих излучений.

Исходя из последних рекомендаций МКРЗ принято и опубликовано несколько документов, действующих на правах закона. Работающим с источниками ионизирующих излучений следует руководствоваться, прежде всего, двумя из них:

«Нормы радиационной безопасности (НРБ-99)»; «Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений (ОСП-72/80)».

В этих документах приведены предельно допустимые дозы внешнего облучения и предельно допустимые нормы поступления радионуклидов в организм человека для трех групп населения:

категория А — профессионалы (рентгенологи, радиологи, дефектоскописты и другие лица, которые непосредственно работают с источниками ионизирующих излучений или по роду своей работы могут подвергаться облучению). Предельно допустимая доза (ПДД) для них в неделю составляет 0,1 бэр, на год — 5 бэр;

категория Б — ограниченная часть населения, не связанная в работе с источниками излучения, но имеющая вероятность подвергнуться облучению. Для этой категории предел дозы (ПД) составляет 0,5 бэр/год;

категория В — население области, края, республики в целом. В случае радиационной аварии для них устанавливаются временные допустимые уровни облучения.

При оценке допустимых воздействий внутреннего облучения учитывают содержание изотопа в критическом органе. В порядке убывания радиочувствительности установлено три группы критических органов:

I группа — все тело, гонады и красный костный мозг;

II группа — мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, печень, почки, селезенка, желудочно-кишечный тракт, легкие, хрусталик глаза и другие органы, за исключением тех, что относятся к I и II группам;

III группа — кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, лодыжки и стопы.

С учетом этого установлены основные дозовые пределы для трех категорий облучаемых лиц.

Таблица 1 - Основные дозовые пределы, мЗв/год

Нормируемая величина	Лица из персонала (группа А)	Лица из населения
Эффективная доза	20 в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50	1 в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5
Эквивалентная доза:		
в хрусталике глаза	150	15
в коже	500	50
в кистях и стопах	500	50

Примечание. Дозы облучения, как и все относительно допустимые производные уровни для персонала группы Б, не должны превышать 1/4 значений для персонала группы А.

Ответственность за выполнение соответствующих правил и норм радиационной безопасности возлагается на руководство учреждения. Лицам, работающим более 50 % рабочего времени в сфере действия ионизирующего излучения, назначают надбавки к зарплате, сокращают продолжительность рабочего времени, дают дополнительный отпуск, питание и другие поощрения.

При работе с радиоактивными веществами в открытом виде воздействие на человека ионизирующей радиации может быть вызвано внешним, внутренним или смешанным (внешним и внутренним) облучением, поэтому в комплексе защитных мероприятий учитываются все виды лучевых воздействий. Первостепенное значение приобретает правильная организация труда, исключающая превышение установленных предельно допустимых уровней облучения и предупреждающая возможность проникновения радиоактивных веществ внутрь организма.

Защита от внешнего облучения частицами α -излучения и мягкого β -излучения не требуется, так как пробеги их в воздухе очень малы. Достаточно находиться на расстоянии 9—10 см от радиоактивного препарата и ни одна α -частица не попадает на тело работающего. Одежда, резиновые перчатки полностью защищают от внешнего облучения α -частицами.

β -частицы обладают относительно большими, чем α -частицы, пробегами в воздухе и в ткани; уже при энергии свыше 70 кэВ они проходят роговой слой кожи и достигают чувствительных клеток. Потоки β -частиц в основном воздействуют на покровные ткани и глаза, вызывая сухость и ожоги кожи, хрупкость, ломкость ногтей и т. д. Особенно опасно β -излучение при контактном взаимодействии с тканью. При работе с β -излучениями обязательно пользуются защитными очками и перчатками.

Защита от внешнего γ -излучения и жесткого β -излучения может быть достигнута сокращением времени непосредственной работы с источником излучения, применением защитных экранов, поглощающих излучение, увеличением расстояния и использованием для работы источников с минимально возможным выходом ионизирующих излучений. Перечисленные способы защиты можно применять отдельно или в различных комбинациях между собой.

Защита сокращением времени непосредственной работы с источником излучения может достигаться быстрой манипуляцией с препаратом в результате высокой тренированности персонала. Сокращением рабочего дня или недели, периодическим переводом на работы, несвязанные с облучением, а также удлинением отпуска.

Наиболее эффективная защита достигается применением поглощающих экранов. Для защиты от β -излучения изготавливают экраны из материалов с малой атомной массой (стекло, оргстекло, алюминий) или двухслойные экраны — первый слой из материала с малой атомной массой, который будет поглощать β -частицы, второй — из тяжелых материалов (свинец, и др.) для поглощения образовавшегося тормозного рентгеновского излучения.

Для защиты от γ -излучения следует использовать экраны из материала с большой атомной массой (свинец, чугун и др.).

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 по степени радиационной опасности разделяют на четыре группы в зависимости от минимального значимой активности открытого источника на рабочем месте, на использование которого не требуется разрешение органов Госсаннадзора. Для группы А минимально значимая активность составляет 3,7 Бк, для группы Б - 37 Бк, для группы В - 370 Бк и для группы Г - 3700 Бк.

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. 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 выходом только через санпропускник и разделены на 3 зоны (трехзональная планировка):

- 1-ая зона — необслуживаемые помещения, где размещаются технологическое оборудование и коммуникации, являющиеся основными источниками излучения и радиоактивного загрязнения;
- 2-ая зона — периодически обслуживаемые помещения (для проведения ремонта оборудования и других работ, связанных с вскрытием технологического оборудования, временного хранения и удаления отходов);
- 3-ая 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 слабосорбирующими материалами, стойкими к моющим средствам.

Оборудование и рабочая мебель должны иметь гладкую поверхность, простую конструкцию и слабосорбирующие покрытия. 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 слабосорбирующих 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.

Защита от внутреннего облучения. Работа в радиологической ветеринарной лаборатории, как правило, не связана с загрязнением тела работающих и опасностью проникновения радиоактивных веществ внутрь организма в количествах, опасных для здоровья. Однако при нарушении дисциплины труда или в случае аварийной ситуации внутреннее облучение персонала возможно. Радиоактивные изотопы могут попасть внутрь организма через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, а также через неповрежденную кожу или ее дефекты. Поэтому персоналу, работающему с источниками ионизирующих излучений, необходимо соблюдать правила индивидуальной защиты и гигиены, обеспечивающие безопасность работы, предусмотренные ОСП-72/80 и НРБ-99.

Выполнение работ с применением источников ионизирующих излучений допускается только в помещениях, принятых специальной комиссией с участием представителей СЭС. Проведение работ, не связанных с источниками излучений, в этих помещениях запрещается. Передача этих помещений для эксплуатации, не связанной с ионизирующими излучениями, допускается только с разрешения санитарной службы.

Лица, работающие с открытыми радиоактивными источниками (исследуемыми образцами), обеспечиваются средствами индивидуальной защиты: халатами, шапочками, перчатками, пластиковыми нарукавниками, фартуками, полухалатами, полукомбинезонами, пневмокостюмами (в случаях ликвидации аварий, при уборке вивария и др.), дополнительной спецобувью (резиновые сапоги, пластиковые следы, бахилы, чехлы, чулки); при работе с радиоактивными газами, аэрозолями, порошками — фильтрующими средствами защиты органов дыхания (противогаз, пневмошлем ЛИЗ-4, респираторы «Снежок-К-М», «Снежок-КУ-М», «Лепесток»), для защиты глаз — щитками из оргстекла.

3. Физические основы ветеринарной радиобиологии

Строение вещества. В процессе познания природы человек всегда стремился как-то классифицировать изучаемые вещества, выделить сходные по свойствам, разделить на составные (элементарные) частицы.

Еще в V в. до нашей эры греческие философы Демокрит Абдерский и Левкипп высказывали догадку, что все вещи в мире состоят из ничтожно мелких, невидимых глазу частиц, которые не могут быть разделены на дальнейшие части (atomos — в переводе с греческого означает неделимый).

Открытие в конце XIX в. Анри Беккерелем невидимого излучения, исходящего от урана и его соединений, а также классические опыты,

проводимые Марией Склодовской-Кюри и Пьером Кюри, установивших природу этих невидимых лучей, положили конец представлениям о неделимости атома и явились началом проникновения человека в тайны строения атома.

Опыты Резерфорда (1911 г) и его учеников неопровержимо доказали, что атом, многие века считавшийся мельчайшей и неделимой частицей, имеет сложное строение. Состоит он из положительно заряженного ядра, где сосредоточено 99,95 % массы атома, и вращающихся вокруг него электронов. Поперечный размер ядра в десятки тысяч раз меньше поперечного размера атома.

Атомное ядро состоит из протонов и нейтронов. Протон обладает единичным положительным зарядом, его атомная масса примерно равна единице. Нейтрон является нейтральной частицей, масса которого примерно равна массе протона. Количество протонов, входящих в состав ядра, определяет его заряд и атомный номер элемента. Поскольку атом в обычном состоянии нейтрален, то количество электронов, вращающихся вокруг ядра, также равно атомному номеру элемента в таблице Менделеева.

Чем ближе к ядру вращается электрон, тем больше его энергия связи с ним. Поэтому электроны, находящиеся на наружных орбитах, где энергия их связи с ядром не столь значительна, могут взаимодействовать с окружающей средой, обуславливая важнейшие свойства вещества — электропроводность, валентность и др. В определенных условиях отдельные электроны могут переходить с орбиты на орбиту, что всегда связано с поглощением или высвобождением определенного количества энергии.

При всех химических реакциях перестраиваются только электронные оболочки, причем внешние, где электроны более слабо связаны с ядром; ядро при этом не принимает участия в химических реакциях. Следовательно, сходные химические свойства имеют те химические элементы, у которых на наружных орбитах находится одинаковое число электронов.

Атомы могут иметь одинаковое количество протонов, но разное - нейтронов в ядре. Поскольку химические свойства атомом определяются количеством протонов, то атомы с одинаковым содержанием их в ядре будут находиться в одной и той же клетке таблицы Менделеева, несмотря на разное количество нейтронов и, следовательно, разное массовое число. Разновидности одного и того же элемента, имеющие один и тот же порядковый номер, но разные массовые числа, называют изотопами (изотоп с греческого означает — занимающий то же место). Большинство природных элементов представляют собой смесь 2—10 изотопов.

С помощью ядерных превращений у каждого химического элемента можно получить еще несколько радиоактивных (неустойчивых) изотопов. Сейчас известно около 300 стабильных изотопов, а сумма стабильных и радиоактивных изотопов — более 1500.

Между частицами, входящими в состав ядра, т. е. между протонами и нейтронами, протонами и нейтронами, протонами и нейтронами действуют

ядерные силы притяжения, проявляющиеся на очень малых расстояниях (до 10^{-15} м). Они не зависят от заряда ядра и резко уменьшаются с увеличением расстояния между частицами. Помимо ядерных сил притяжения между одноименно заряженными частицами ядра — протонами, действуют кулоновские силы отталкивания, чем и обуславливается устойчивость ядер этих элементов.

Однако у тяжелых элементов, ядра которых состоят из большого количества частиц, ядерные силы притяжения уже не способны скомпенсировать кулоновские силы отталкивания. В этом случае начинается внутренняя перестройка ядер и самопроизвольный переход ядер из менее устойчивого состояния в более устойчивое. Это явление, открытое Анри Беккерелем и изученное Марией Склодовской-Кюри и Пьером Кюри, получило название радиоактивности.

Радиоактивность — способность ядер некоторых химических элементов самопроизвольно превращаться в ядра других химических элементов с выделением энергии в виде излучений. Естественно радиоактивными называются вещества, которые существуют в природе, а те, что приобрели это свойство, — искусственно радиоактивными. Искусственно радиоактивные изотопы получают бомбардировкой ядер атомов стабильных химических элементов нейтронами, протонами, дейтронами, а также из продуктов деления урана или плутония в атомных реакторах.

Ионизирующие излучения и их свойства. Излучения естественно радиоактивных элементов, как показал английский физик Э. Резерфорд (1911 г), имеют различные физические свойства. Часть лучей в электрическом поле, отклоняющихся к отрицательно заряженному проводнику, что свидетельствует об их положительном заряде, назвали альфа-лучами. Другую часть лучей, отклоняющихся к положительно заряженному проводнику, назвали бета-лучами. Электромагнитные, которые не отклонялись в электрическом поле, были названы гамма-лучами.

К ионизирующим излучениям относятся все те элементарные частицы, а также кванты электромагнитного излучения, которые при взаимодействии с атомами и молекулами среды способны выбивать электроны с любой из орбит, в результате чего образуется пара ионов. Каждая пара ионов состоит из выбитого электрона (отрицательный ион) и положительно заряженного атома (положительный ион).

При взаимодействии ионизирующих излучений с атомами и молекулами вещества происходит и другой процесс — возбуждение атомов. Он характеризуется тем, что электрон от атома не отрывается, а только переходит с одного уровня на другой — более высокий. При этом атом получает дополнительную энергию. В таком состоянии он находится очень короткий промежуток времени (10^{-9} — 10^{-8} с). Избыток энергии атом может отдать соседнему атому или излучить квант длинноволнового излучения.

Продолжительность возбуждения очень мала, но достаточна, для того чтобы атом смог прореагировать с соседними атомами и вступить с ними в

реакцию, поскольку в таком состоянии он имеет высокую химическую активность. Ионизированный атом имеет избыток энергии и в течение короткого промежутка времени обладает высокой химической активностью.

Альфа-лучи (α) представляют собой ядра атомов гелия (${}^4_2\text{He}$) и состоят из двух протонов и двух нейтронов. Они имеют двойной положительный заряд и относительно большую массу, равную 4,003 а. е. м., что в абсолютном выражении составляет $6,664 \times 10^{-27}$ кг. Эти частицы превышают массу электрона в 7300 раз, энергия их колеблется в пределах 2—11 МэВ и вылетают из ядер атомов со скоростью 14 000—20 000 км/с.

Возможность альфа-распада связана с тем, что масса (а значит, и энергия покоя) α -радиоактивного ядра больше суммы масс (суммарной энергии покоя) α -частицы и образующегося после α -распада дочернего ядра. Избыток энергии исходного (материнского) ядра освобождается в форме кинетической энергии α -частицы и дочернего ядра.

В связи с тем, что α -частицы имеют двойной электрический заряд и по сравнению с другими частицами очень большую массу, они эффективно взаимодействуют с электронными оболочками атомов, которые встречаются на их пути. При взаимодействии с электронной оболочкой атомов α -частицы частично отдают свою энергию выбитым электронам и очень быстро теряют скорость. Поэтому проникающая способность α -частиц небольшая. Путь, который проходит α -частица в воздухе до полной потери энергии, составляет 10 см, в воде и тканях человеческого тела, особенно богатых водой (мышцы, кровь, лимфа) — 0,1—0,15 мм.

Вдоль трека α -частицы образуется большое количество ионов в результате большой плотности ионизации. Как правило, трек α -частицы представляет прямую линию с увеличением плотности ионизации в конце пути. Энергия α -частиц, как и других заряженных и незаряженных частиц, или квантов, теряется не только на ионизацию, но и на возбуждение атомов и молекул среды. При каждом акте ионизации образуется пара ионов — атом без электрона или положительно заряженный ион, и электрон или отрицательный ион. Средняя энергия, которая расходуется на образование одной пары ионов, не зависит от энергии и типа ионизирующей частицы, а в основном определяется видом вещества. Например, для образования одной пары ионов в воздухе расходуется в среднем 34 эВ энергии и при нормальных условиях одна α -частица образует 116—254 тыс. пар ионов. Удельная ионизация, т. е. количество пар ионов, образующихся на единицу пути в воздухе, составляет около 44 тыс. пар ионов на 1 см.

Благодаря малой проникающей способности α -частицы не представляют большой опасности в случае внешнего облучения. Они могут быть полностью задержаны листом плотной бумаги, одеждой, слоем резины хирургических перчаток. α -частицы полностью поглощаются слоем алюминия толщиной 0,06 мм или биологической ткани толщиной 0,12 мм. В то же время α -частицы становятся очень опасными при попадании внутрь

организма из-за большой плотности, производимой ими ионизации. Возникающие при этом повреждения в тканях мало обратимы.

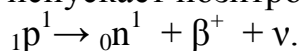
Бета-лучи (β) представляют собой поток быстрых электронов, называемых β -частицами. Они бывают двух типов: отрицательные или электроны, которые отличаются от орбитальных тем, что происходят из ядра атома и обладают большими скоростями, и положительные — позитроны. Заряд β -частиц в первом случае отрицательный, а во втором — положительный и равен одному элементарному заряду. Масса покоя β -частицы равняется 0,000548 а. е. м., что в абсолютном выражении составляет $9,1 \times 10^{-28}$ г. Поток электронов обозначают β^- а позитронов β^+ .

Излучение ядрами элементов β -частиц происходит при радиоактивном превращении (распаде) и сопровождается испусканием нейтральной частицы, имеющей очень малую массу. Эти нейтральные частицы (нейтрино) в процессе излучения β -частиц принимают на себя часть энергии β -распада. Появление электрона и позитрона при β -распаде объясняет превращение ядерных частиц, т. е. протона и нейтрона друг в друга.

Различают два вида превращений, сопровождаемых β -распадом: электронный β -распад; позитронный β -распад и электронный К-захват.

Электронный β -распад характерен для химических элементов, в ядрах которых нейтронов больше, чем в ядрах стабильных изотопов. Этому типу распада подвержены почти все искусственные и некоторые естественные радиоактивные элементы (C^{12} , K^{40} и др.). При электронном распаде один из внутриядерных нейтронов превращается в протон, а ядро испускает электрон (β^-) и антинейтрино ($\bar{\nu}$); ${}_0n^1 \rightarrow {}_1p^1 + \beta^- + \bar{\nu}$.

Позитронный β -распад испытывают химические элементы, в ядрах которых отмечается избыток протонов. Этому типу распада подвержены лишь некоторые искусственные радиоактивные изотопы, например ${}_6C^{11}$, в ядре которого при пяти нейтронах содержится шесть протонов. У естественных радиоактивных изотопов позитронного распада не наблюдается. При позитронном распаде один из внутриядерных протонов превращается в нейтрон, а ядро испускает позитрон и нейтрино:



Электронному К-захвату подвержены химические элементы, имеющие избыток протонов в ядре. Он отмечается в тех случаях, когда в ядре нет энергии, достаточной для позитронного распада, и оно захватывает электрон из ближайшего, т. е. К-слоя (но иногда из L-слоя), а избыточный протон, соединившись с этим электроном, превращается в нейтрон, испуская при этом нейтрино: ${}_1p^1 + e^- \rightarrow {}_0n^1 + \nu$.

Различные радиоактивные изотопы значительно отличаются друг от друга по уровню энергии β -частиц. Максимальная энергия β -частиц различных элементов имеет широкие пределы от 0,015—0,05 МэВ до 3—12 МэВ.

Скорость движения β -частиц в вакууме равна 1×10^{10} — $2,89 \times 10^{10}$ см/с (0,3—0,99 скорости света). Благодаря такой скорости они быстрее, чем α -

частицы, пролетают через встречные атомы и поэтому слабее взаимодействуют с ними. Это приводит к тому, что проникающая способность β -частиц примерно на два порядка выше, чем у α -частиц равной энергии, тогда как линейная плотность ионизации меньше соответственно в 800 раз.

β -частицы обладают меньшим эффектом ионизации, чем α -излучение. Они образуют 50—100 пар ионов на 1 см пути в воздухе и имеют рассеянный тип ионизации. Полная ионизация β -частиц составляет от 1 до 25 тыс. пар ионов на пути пробега.

Так как плотность ионизации, создаваемая β -частицами, сравнительно невелика, то и при попадании β -частиц внутрь организма они менее опасны, чем α -частицы. Однако проникающая способность β -частиц велика (от 10 см до 25 м в воздухе и до 17,5 мм в биологических тканях). Кроме того, они могут быть опасны как источники внешнего облучения.

Следует отметить, что β -частицы средних энергий задерживаются оконным стеклом, слоем картона и др. Но β -частицы с энергией 0,07 МэВ могут пробить эпидермис. Поэтому при работе даже с мягкими β -излучателями руки должны быть в перчатках, а для защиты от более жесткого β -излучения надо применять плексигласовые или алюминиевые экраны толщиной в несколько миллиметров.

Гамма-лучи (γ -кванты) — как и радиоволны, видимый свет, ультрафиолетовые и инфракрасные лучи, а также рентгеновское излучение, являются потоком электромагнитных волн, которые распространяются в вакууме с постоянной скоростью, равной 300000 км/с (3×10^{10} см/с). Если испускание видимого света, инфракрасных, ультрафиолетовых лучей или характеристического рентгеновского излучения результат различных переходов атомов и молекул из возбужденного в невозбужденное состояние, то γ -кванты являются излучением ядерного происхождения. Они испускаются ядрами атомов при α - и β -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 γ -квантов. γ -лучи возникают также при торможении заряженных частиц, аннигиляции пар античастиц (электрон-позитрон, протон-антипротон и др), а также самопроизвольном и искусственном расщеплении ядер атомов урана и плутония и при некоторых других ядерных реакциях.

Энергия γ -квантов, испускаемых после α -распада, обычно не превышает 0,5 МэВ. Энергия γ -квантов, испускаемых после β -распада, достигает 2—2,5 МэВ. В среднем энергия α -кванта различных γ -излучателей колеблется от 0,1 до 3 МэВ и иногда достигает 10 МэВ. γ -лучи с энергией до 1 МэВ называются мягкими, а с энергией больше 1 МэВ — жесткими.

γ -лучи, являясь электрически нейтральными, не отклоняются в магнитном и электрическом полях. В веществе и вакууме они распространяются прямолинейно и равномерно во все стороны от источника.

Не вызывая прямой ионизации, при движении в среде они выбивают электроны, передавая им всю или часть своей энергии. Эти вторичные ионы и производят процесс ионизации. На 1 см пробега γ -лучи образуют 1—2 пары ионов. В воздухе они проходят путь в несколько сот метров и даже километров, в дереве — 25 см, в бетоне— 10 см, в свинце— до 5 см, воде — десятки метров, а живые организмы они пронизывают насквозь. В силу большой проникающей способности γ -лучи представляют значительную опасность для живых организмов как источник внешнего облучения. Для защиты от γ лучей используют химические элементы большой массы и плотности.

В зависимости от энергии при прохождении через вещество γ -кванты по-разному с ним взаимодействуют. Это взаимодействие проявляется в виде фотоэлектрического эффекта, комптоновского эффекта рассеивания и образования электронно-позитронных пар с последующей аннигиляцией. Вид взаимодействия γ -излучения с веществом определяется атомным номером облучаемого вещества и величиной энергии γ -квантов. При всех трех видах взаимодействия γ -излучения с веществом образуются быстрые вторичные электроны, которые в конечном счете и производят возбуждение и ионизацию атомов среды.

4. Дозиметрия и радиометрия ионизирующих излучений

Радиометрия (от греч. radio — луч + metro — измерять) — обнаружение и измерение числа распадов атомных ядер в радиоактивных источниках либо некоторой доли их по испускаемому ядрами излучению.

Дозиметрия (от греч. dosis — доза, порция + metro — измерять) — измерение рассеяния и поглощения энергии ионизирующего излучения в определенном материале. Доза излучения строго зависит от энергии и вида падающего излучения, а также от природы поглощающего материала.

Несмотря на различие задач радиометрии и дозиметрии, базируются они на общих методических принципах обнаружения и регистрации ионизирующих излучений.

Доза излучения и ее мощность. Биологическое действие рентгеновского и ядерных излучений на организм обусловлено ионизацией и возбуждением атомов и молекул биологической среды. На процесс ионизации излучения расходуют свою энергию. В результате взаимодействия излучений с биологической средой живому организму передается определенное количество энергии. Часть поступающего в организм излучения, которое пронизывает облучаемый объект (без поглощения), действия на него не оказывает. Поэтому основная физическая величина, характеризующая действие излучения на организм, находится в прямой зависимости от количества поглощенной энергии. Для измерения количества поглощенной энергии введено такое понятие, как доза излучения. Это

величина энергии, поглощенной в единице объема (массы) облучаемого вещества.

Различают дозу в воздухе, дозу на поверхности (кожная доза) и в глубине облучаемого объекта (глубинная доза), очаговую и интегральную (общая поглощенная доза) дозы. Так как поглощенная энергия расходуется на ионизацию среды, то для измерения ее необходимо подсчитать число пар ионов, образующихся при излучении. Однако измерить ионизацию непосредственно в глубине тканей живого организма трудно. В связи с этим для количественной характеристики рентгеновского и гамма-излучений, действующих на объект, определяют так называемую экспозиционную дозу D_0 , которая характеризует ионизирующую способность рентгеновских и гамма-лучей в воздухе. От экспозиционной дозы с помощью соответствующих коэффициентов переходят к дозе, поглощенной в объекте. Экспозиционную дозу определяют по ионизирующему действию излучения в определенной массе воздуха и только при значениях энергии рентгеновских и гамма-лучей в диапазоне от десятков килоэлектронвольт до 3 МэВ.

За единицу экспозиционной дозы в Международной системе единиц (СИ) принят кулон на килограмм (Кл/кг), т. е. такая экспозиционная доза рентгеновских и гамма-лучей, при которой в 1 кг сухого воздуха образуются ионы, несущие заряд в один кулон электричества каждого знака.

На практике применяют внесистемную единицу—рентген ($1\text{Р}=2,58 \times 10^{-4}$ Кл/кг), принятую в 1928 г. Рентген (Р) — экспозиционная доза рентгеновского или гамма-излучения, при которой в 1 см³ воздуха (0,001293 г сухого воздуха) при нормальных условиях (0° С и 1013 ГПа) образуется 2×10^9 пар ионов.

Во всех случаях радиоактивного загрязнения местности ветеринарная служба хозяйства, учреждения после немедленного сообщения в вышестоящее ветеринарное учреждение и СЭС приступает к обследованию ветеринарных объектов, установлению γ -фона на местности, в помещениях ферм. Одновременно определяет внешнее радиоактивное загрязнение указанных объектов.

В этих условиях методы дозиметрии и радиометрии должны быть ускоренными, достаточно точными, доступными и удобными в работе. Весьма перспективно использование экспресс-методов для определения γ -фона и радиоактивности объектов.

Наибольшую ценность представляют те экспресс-методы, с помощью которых можно определять загрязненность продукта в таре его владельца, исключая обязательность точного объема, массы, агрегатного состояния, предварительной очистки, размельчения, дезактивации самого прибора или емкости, в которую в некоторых случаях нужно помещать продукт для измерения.

Дозиметрию и радиометрию с помощью экспресс-методов в полевых условиях осуществляет дозиметрическая группа из двух человек

(дозиметрист и помощник дозиметриста, записывающий результаты измерений). Время выполнения экспресс-метода – 3-5 минут.

Время выполнения экспресс-методов дозиметрии и радиометрии в распоряжении ветеринарной радиологической службы имеются полевые приборы СРП-68-01 (сцинтилляционный радиометр поисковый) и ДП-5а.

Для лабораторных исследований в ветеринарных лабораториях используют приборы ДП-100, КРК- 1, КРВП-3АБ, РКБ4-1еМ и др. перечисленные приборы за исключением ДП-100 обладают достаточно высокой чувствительностью, но весьма низкой производительностью, что существенно осложняет работу дозиметристов в аварийных ситуациях.

5. Токсикология радиоактивных веществ

Токсикология радиоактивных изотопов (радиотоксикология) составляет специальную отрасль знаний, предметом которой являются:

-изучение путей поступления радиоактивных изотопов в организм, закономерностей распределения в нем и включения в молекулярные структуры тканей (инкорпорирование), особенностей накопления (депонирование) в различных органах и выведения их из организма;

-установление допустимых уровней содержания радионуклидов в воздухе, воде, кормах, продуктах питания и организме человека;

-исследование биологического действия инкорпорированных радиоактивных изотопов и поиск эффективных средств для профилактики поражения;

-разработка методов и средств, ускоряющих выведение радиоактивных изотопов из организма.

Наиболее глубоко исследуется влияние на организм человека радионуклидов, широко используемых в промышленности, научных и медицинских исследованиях, а также образующихся в результате расщепления ядерного горючего.

Радиоактивные изотопы любого химического элемента периодической системы Д. И. Менделеева при попадании в организм участвуют в обмене веществ точно также как стабильные изотопы данного элемента. Биологическое действие радиоактивных изотопов определяется параметрами их ионизирующих излучений. Действие радионуклидов, попадающих внутрь организма, в принципе не отличается от действия внешних источников ионизирующего излучения. Их особенностью является то, что они, включаясь в обмен веществ, могут оставаться в тканях длительное время. Активность радионуклидов нельзя погасить ни химическими, ни физическими средствами.

Токсичность радионуклидов зависит от следующих факторов: вида и энергии излучения, периода полураспада; физико-химических свойств вещества, в составе которого радионуклид попадает в организм; типа

распределения радионуклидов по тканям и органам; скорости выведения радионуклидов из организма.

Вид и энергия излучения. Энергия излучения имеет прямую связь с поражающим действием радиоактивного изотопа: чем она больше, тем сильнее поражение. Вид излучения — одна из главных характеристик, определяющих токсичность радиоизотопа. Степень биологического действия различных видов излучений зависит от их линейной передачи энергии (ЛПЭ). Величина ЛПЭ частицей или квантом веществу обуславливает их линейную плотность ионизации (удельную ионизацию). У тяжелых частиц (альфа-частицы, протоны) плотность ионизации очень высокая, у легких (бета-частицы, гамма-лучи) — низкая, т. е. чем выше энергия и короче пробег частицы, тем больше у нее ЛПЭ.

Излучения, имеющие высокую ЛПЭ, обладают, как правило, большой биологической эффективностью. Это свидетельствует о том, что степень действия различных видов излучения зависит не только от общего количества поглощенной энергии, но и от геометрических характеристик распределения ее в органах, тканях и клетках.

Для выражения различий биологического действия излучений с неодинаковыми значениями ЛПЭ принят коэффициент относительной биологической эффективности (ОБЭ). Значения его взяты относительно рентгеновских лучей и зависят от типа облучаемого объекта и характера облучения. Например, при общем облучении организма быстрыми нейтронами коэффициент ОБЭ равен 10, а при местном облучении половых желез — 35.

Период полураспада радионуклида — важная характеристика его биологической активности. Наибольшую опасность для млекопитающих и птиц представляют изотопы с периодом полураспада от нескольких дней до нескольких десятков лет. Это объясняется тем, что при коротком периоде полураспада, измеряемом секундами-минутами, основная масса радионуклида распадается, не достигнув тканей организма, и, следовательно, не создает опасной концентрации. Например, период полураспада ^{210}Po или ^{220}Ra составляет 3×10^7 с; период полураспада изотопов ^{134}I , ^{136}I ... ^{140}I , являющихся продуктами деления тяжелых ядер, равен нескольким секундам-минутам.

Радионуклиды с большим периодом полураспада (десятки тысяч лет и более) в естественных условиях также не смогут создать эффективной дозы, которая привела бы к развитию лучевого заболевания. Например, ^{228}U имеет период полураспада $4,5 \times 10^9$ лет; к тому же, если учесть, что в земной коре его находится 0,0001 %, а в организме еще меньше, то получается, что в естественных условиях он не вызовет у животных лучевой болезни. Однако в некоторых случаях токсичность коротко- или долгоживущего радионуклида может усиливаться дочерними радионуклидами.

6. Биологическое действие ионизирующих излучений, лучевые поражения

Ионизирующие излучения обладают высокой биологической активностью. Они способны вызывать ионизацию любых химических соединений биосубстратов, образование активных радикалов и этим индуцировать длительно протекающие реакции в живых тканях. Поэтому результатом биологического действия радиации является, как правило, нарушение нормальных биохимических процессов с последующими функциональными и морфологическими изменениями в клетках и тканях животного.

До конца механизм биологического действия пока не выяснен. Однако результаты многочисленных исследований свидетельствуют о том, что у различных излучений он в основном одинаков, начиная от исходных актов поглощения и переноса энергии излучения и кончая физиологическими и морфологическими изменениями в облученном организме.

Особенности биологического действия радиации, во-первых, в том, что у животных отсутствуют специальные анализаторы для восприятия излучения, и, во-вторых, оно в основном связано с формой передачи энергии клеткам. Например, при гамма-облучении дозой 1000 Р, смертельной для большинства млекопитающих, ткани поглощают ничтожно малую энергию — около 8,4 кДж/г. Для сравнения можно сказать, что такое же количество энергии расходуется при повышении температуры тела только на 0,001⁰С.

В механизме биологического действия ионизирующих излучений на живые объекты условно можно выделить два основных этапа. Первый этап — первичное (непосредственное) действие излучения на биохимические процессы, функции и структуры органов и тканей; второй — опосредованное действие, которое обуславливает: нейрогенными и гуморальными сдвигами, возникающими в организме под влиянием радиации.

Для объяснения механизма первичного действия ионизирующих излучений на биосубстрат предложено более десяти гипотез и теорий, многие из которых, по современным представлениям не выдерживают критики и имеют уже только историческое значение.

По гипотезе Штрауса (1923 г.), в основе лучевого поражения лежит действие ионизирующих излучений на липоиды ароматического ряда как на наиболее радиочувствительные компоненты клетки.

На основе представления о прямом действии ионизирующих излучений возникла теория мишени и попаданий, выдвинутая Дессауэром, а в последующем развитая Кроутером, Тимофеевым-Ресовским, Циммером, Ли и другими исследователями.

Теория мишени и попаданий. Эта теория объясняла наличие в клетке жизненно важного центра (гена или ансамбля генов) — мишени, попадание в которую одной или нескольких высокоэнергетических частиц атомной радиации достаточно для разрушения и гибели клетки.

Теория липидных радиотоксинов (первичных радиотоксинов и цепных реакций). Эта теория была предложена в 50-е годы Б. Н. Тарусовым, Ю. Б. Кудряшовым, Н. М. Эмануэлем. Они показали, что уже в первые часы после облучения в тканях животных образуются вещества, которые при последующем введении их интактным животным вызывают гемолиз. Идентификация веществ установила их липидную природу, что дало основание назвать их липидными радиотоксинами (ЛРТ).

Структурно-метаболическая теория радиационного поражения. Автор этой теории — русский ученый-радиобиолог А.М. Кузин. Он ввел понятие о веществах, влияющих на геном клетки, и назвал их триггер-эффекторами.

Участие нервной системы в опосредованном действии ионизирующего излучения хорошо показано в трудах отечественных ученых И. Р. Тарханова, М. Н. Ливанова, А. В. Лебединского и др., которые отметили высокую чувствительность нервной системы к радиации и одновременно высокую пластичность и способность к компенсации.

Радиочувствительность животных. Реакции животного на проникающее излучение весьма многообразны и определяются параметрами излучения и особенностями организма. Поэтому у животных разных видов, и даже у индивидуумов одного и того же вида, радиочувствительность будет неодинаковой. Она зависит от возраста, пола, упитанности и других факторов.

Для обозначения радиационной чувствительности животных существуют летальные дозы (ЛД). Это минимальные дозы облучения ЛД_{50/30} и ЛД_{100/30}, которые вызывают смерть соответственно 50 и 100 % облученных животных в течение 30 дней.

Причины различной радиочувствительности по видам животных пока объяснить не удастся. Нет ни одной гипотезы, более или менее удовлетворительно объясняющей этот феномен. Одно ясно, что млекопитающие — животные и человек — обладают наибольшей чувствительностью к облучению по сравнению с птицами, рыбами, земноводными.

Различие радиочувствительности проявляется и в органах, составляющих организм как целое. Клетки одного органа также имеют неодинаковую степень чувствительности и способность к регенерации после лучевого повреждения.

Степень радиочувствительности тканей характеризуют по функционально-биохимическим и морфологическим признакам. Органы по функционально-биохимическим признакам, определяющим сорбционный показатель тканей, выявляемый при их витальном окрашивании, можно распределить по радиочувствительности в следующей убывающей последовательности: большие полушария и стволы головного мозга, мозжечок, гипофиз, надпочечники, семенники, тимус, лимфоузлы, спинной

мозг, желудочно-кишечный тракт, печень, селезенка, легкие, почки, сердце, мышцы, кожа и костная ткань.

По морфологическим признакам развивающихся пострадиационных изменений органы разделяют на три группы:

1) органы, чувствительные к радиации: лимфоузлы, лимфатические фолликулы желудочно-кишечного тракта, красный костный мозг, вилочковая железа, селезенка, половые железы. Морфологически регистрируемые изменения в них возникают уже при облучении дозой 0,25 Гр;

2) органы, умеренно чувствительные к облучению: кожа, глаза;

3) органы, резистентные к действию ионизирующего излучения: печень, легкие, почки, сердце, кости, сухожилия, нервные стволы и др. Первичные морфологические изменения в них отмечаются при облучении дозой 1 Гр и более.

Из-за разной чувствительности органов для организма небезразлично, будет ли облучаться все тело равномерно либо часть его или организм получит общее, но неравномерное облучение. Общее равномерное облучение вызывает наибольший радиобиологический эффект. Экранирование при облучении даже небольшого участка тела повышает устойчивость организма к воздействию радиации.

7. Основы радиоэкологии. Прогнозирование и нормирование поступления радионуклидов в организм животных и продукции животноводства

На радиоактивные изотопы как важный экологический фактор обратили внимание еще в середине 30-х годов, однако широкое развитие радиоэкологических исследований приходится на 50-е годы, когда антропогенная деятельность человека (в первую очередь испытания ядерного оружия) привела к изменению естественного радиационного фона.

Одновременно с развитием атомного производства и применением атомной энергии возникло новое научное направление — радиоэкология — учение об особенностях существования организмов и сообществ растений и животных в среде обитания с повышенной (по сравнению с нормой) радиоактивностью.

Радиоэкология развивается по нескольким направлениям. Одно из направлений современной радиоэкологии — радиоэкология животных, которая изучает особенности существования животных и закономерности, протекающие в их естественных популяциях и биогеоценозах при воздействии на них радиационных факторов среды обитания.

В 60-х годах выделился самостоятельный раздел, изучающий радиоэкологию морских организмов. Вследствие широкого использования ядерной энергии на атомных электростанциях возникла и быстро развивается радиоэкология пресноводных водоемов. Основные задачи водной радиоэкологии — изучение миграции радиоактивных элементов в

гидроценозах и действия радиоактивного загрязнения воды на гидробионты и околородные сообщества растений и животных, а также обеспечение охраны водной среды от радиоактивного загрязнения.

Расширение исследований по изучению поведения искусственных радионуклидов в пищевых цепях, ведущих к человеку, с участием сельскохозяйственных растений и животных, а также действия ионизирующих излучений на объекты сельскохозяйственной деятельности сформировали в сельскохозяйственной радиоэкологии два самостоятельных направления со своими методами исследования и задачами: радиоэкологию сельскохозяйственных растений и радиоэкологию сельскохозяйственных животных.

Радиоэкология сельскохозяйственных животных — важнейшая часть сельскохозяйственной радиоэкологии и общей экологии в целом. Она изучает закономерности и механизмы миграции радионуклидов в пищевых цепях, принципы их экологического нормирования, а также действие радионуклидов и других источников ионизирующих излучений на организм животных. Изучение этих вопросов необходимо для безопасного ведения животноводства в условиях повышенного радиоактивного загрязнения окружающей среды.

Интерес к проведению работ в этой области вызван тем, что продукция животноводства — важнейший источник снабжения населения продовольствием, а легкой и пищевой промышленности — сырьем. В свою очередь, продукты животного происхождения (молоко, мясо, яйцо и др.) могут быть основными источниками поступления радионуклидов в организм человека и дополнительного его облучения. Поступление с мясом важнейших радиоактивных продуктов деления (^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{131}I) из глобальных выпадений в рацион человека может достигать 25 %, а с молоком — 100 % суммарного потребления с пищей (Н. А. Корнеев, А. Н. Сироткин). Вследствие этого радиоэкологические исследования в области животноводства приобретают не только важное теоретическое, но и практическое значение. Данные радиоэкологии используются сельскохозяйственной радиобиологией для рационального планирования и проведения оперативного и текущего контроля за радиоактивным загрязнением внешней среды, а также для разработки научно обоснованных методов снижения поступления радионуклидов в корма и продукта животноводства.

Радиоэкологию сельскохозяйственных животных как прикладную науку интересуют все звенья экологической цепочки, которые приводят к накоплению радионуклидов в кормах и продуктах животноводства.

Радиоэкологические исследования позволяют прогнозировать ведение радионуклидов в окружающей среде, их биологическую эффективность, оценивать последствия поступления радиоактивных веществ в биосферу, выявлять роль экологических факторов в миграции радионуклидов и при необходимости осуществлять меры уменьшению перехода их из почвы в

корма и продукцию животноводства. За многолетний период исследований закономерностей переноса радионуклидов в системе атмосферные выпадения — вода — почва — растения — животные — продукция животноводства накоплен солидный объем информации. Однако ряд вопросов в области радиоэкологии сельскохозяйственных животных требует дальнейшего изучения. В частности, необходимо оценить вклад разных путей поступления радионуклидов в корма, молоко, мясо, разработать методику прогноза накопления их в этих продуктах, изучить отдаленные последствия действия ионизирующих излучений на организм, выявить формируемые средой лучевые нагрузки на организм, оказывающие влияние на продуктивные, репродуктивные и другие хозяйственно полезные качества животных.

Все живые существа на Земле постоянно подвергаются воздействию ионизирующей радиации путем внешнего и внутреннего облучения от естественных (космическое излучение и природные радиоактивные вещества) и искусственных (отходы атомной промышленности, радиоактивные изотопы, используемые в биологии, медицине и сельском хозяйстве и др.) источников ионизирующих излучений.

Радионуклиды естественного и искусственного происхождения широко распространены в природе; они рассеяны в земной коре, воде, воздухе, растениях и теле животных.

Природные радиоактивные вещества. Их можно разбить на три группы. В первую группу входят U и Th с продуктами их распада, а также ^{40}K и ^{87}Rb . Ко второй группе относят малораспространенные изотопы и изотопы с большим периодом полураспада: ^{48}Ca , ^{96}Zr , ^{113}In , ^{124}Sn , ^{130}Te , ^{138}La , ^{150}Nb , ^{152}Sm , ^{176}Lu , ^{180}W , ^{187}Re , ^{209}Bi . К третьей группе принадлежат радиоактивные изотопы ^{14}C , ^3H , ^7Be , ^{10}Be , образующиеся, непрерывно под действием космического излучения.

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 и т. д.

Радиоактивные продукты ядерного деления, выпадая либо сами по себе («сухие» осадки) или чаще с атмосферными осадками («мокрые» осадки), а также радиоактивные отходы включаются в компоненты биосферы — абиотические (почва, вода) и биотические (флора, фауна) и принимают участие в биологическом цикле круговорота веществ.

Наиболее короткий путь поступления радиоактивных продуктов деления в организм человека кроме непосредственного попадания из атмосферы — через сельскохозяйственные растения и животных. При этом продукты деления могут попадать в организм человека как непосредственно через растительную пищу, так и через животных, питающихся растениями, содержащими радиоактивные вещества.

8. Ведение животноводства в условиях радиоактивного загрязнения среды

Мероприятия по созданию кормовой базы, содержанию и кормлению сельскохозяйственных животных на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению, должны сводиться к минимальному загрязнению животных и животноводческой продукции радиоактивными веществами. Характер организационных мероприятий зависит от состава смеси радионуклидов, поступающие во внешнюю среду, их возраста и периода полураспада.

Организация кормовой базы при загрязнении кормов молодыми радионуклидами осуществляется в первые дни после радиоактивной загрязненности местности, когда доминируют радионуклиды с коротким периодом полураспада. С точки зрения перехода отдельных радионуклидов из этой смеси через растения в продукты животноводства наибольшее практическое значение имеет йод-131. Большое влияние на размеры перехода его в организм сельскохозяйственных животных и в продукты животного происхождения оказывают сезон и состояние сельскохозяйственных угодий во время выпадения радиоактивных продуктов деления. Наиболее опасны выпадения радиоактивных веществ в период вегетации растений, когда сельскохозяйственные угодья покрыты растительностью и значительная часть животных находится на пастбищах.

Рациональная организация кормовой базы и кормления животных на территории, загрязненной короткоживущими радионуклидами, может способствовать значительному снижению или исключению поступления радиоактивных веществ в организм сельскохозяйственных животных.

При разовом выбросе короткоживущих радионуклидов на сельскохозяйственную площадь, если уровни радиации позволяют персоналу и животным оставаться на этой территории, животных следует укрыть в помещениях и временно прекратить пастбу. Кормить их желательнее кормами из запасов, не содержащих радионуклидов, или завезенными с территории, не подвергшейся радиоактивному загрязнению. Такое мероприятие дает возможность получать продукцию животноводства с низкими уровнями радиоактивного загрязнения и снимает опасность внутреннего облучения животных и человека.

Перегон животных из зоны с высоким уровнем загрязнения на пастбища с более низким способствует снижению поступления радиоактивных веществ в желудочно-кишечный тракт, а вследствие этого в продукцию животноводства.

Снижения накопления радиоактивных веществ в молочных и мясных продуктах можно достичь содержанием и кормлением животных, а также пересмотром структуры животноводства. Перевод животных на стойловое содержание или ограничение времени выпаса на естественных пастбищах, выпас животных на искусственных пастбищах только после перепашки почв

и включение в рацион в большом количестве концентрированных кормов счет снижения грубых кормов в несколько раз снижает накопление стронция-90 и цезия-137 в молоке и мясной продукции.

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

Для прогнозирования поступления радионуклидов в корма и продукты животноводства необходимо, прежде всего, установить, какими радионуклидами загрязнены воздух и территории сельскохозяйственных угодий и каковы плотность и равномерность этих загрязнений. Другие важнейшие показатели — биологическая доступность и способность мигрировать каждого из радионуклидов по пищевым цепочкам, характеризующимся коэффициентами их переходов в корма и организм животных.

Для прогноза накопления радионуклидов в продукции животноводства определяющим фактором является степень загрязненности кормов. Другие важнейшие показатели — биологическая доступность и способность каждого из радионуклидов мигрировать по пищевым цепочкам, характеризующаяся коэффициентами их переходов в корма и организм животных. С другой стороны, накопление радионуклидов в организме животных и получаемой от них продукции зависит и от многих других факторов, среди которых большое значение имеют вид, возраст, физиологическое состояние животных, их продуктивность, а также тип рациона.

9. Ветеринарно-санитарная экспертиза продукции животноводства, полученной на территории, загрязненной радионуклидами

Общие положения. Пребывание животных на загрязненной территории может привести к их радиационному поражению различной степени. Выявление таких животных в ходе диспансеризации требует либо ветеринарного наблюдения и лечения, либо направления на убой.

Решение проблемы оптимального использования животных для получения молока и мяса зависит от правильной организации их содержания. Так, для получения доброкачественного и нормативно-чистого мяса необходимо обеспечить надлежащее предубойное содержание, ветеринарный осмотр, дозиметрический контроль, сортировку большого числа животных, одновременно оказавшихся на загрязненной территории, соблюдение очередности и своевременности их убоя с учетом возможности дальнейшего хранения, транспортировки и консервирования мяса.

Большое значение имеет ветеринарно-санитарная экспертиза продукции животноводства, так как одним из определяющих факторов санитарной оценки продукта является уровень его радиоактивной загрязненности. Своевременное и полное проведение ветеринарно-санитарной экспертизы предотвращает потребление населения мясом, субпродуктов, молока, продуктов его переработки и яиц, загрязненных радиоактивными веществами выше допустимого уровня, а также снижает потери продовольственного скота в условиях радиоактивного загрязнения территории.

Предубойный осмотр, убой, ветеринарно-санитарную экспертизу туш и органов животных проводят с соблюдением мер индивидуальной защиты, при дозиметрическом контроле персонала и на основании требований ОСПОРБ-99 и НРБ-99.

Предубойный осмотр, сортировка и убой животных. Предубойный осмотр животных, находящихся на загрязненной радионуклидами территории, проводят с целью определения рациональных сроков убоя. На первом этапе по данным дозиметрического контроля радиационной обстановки, изотопного состава и характера радиоактивных выпадений в районе пребывания животных, а также типа их содержания оценивают вид поражения (внешнее или сочетанное) и прогнозируют степень его тяжести.

Сортировка животных по характеру и степени поражения внешним и внутренним облучением – одно из основных и ранних мероприятий, проводимых с целью ликвидации последствий радиоактивного загрязнения территории. Цели сортировки: не допустить продукцию животноводства в пищу населению и сырье для промышленности с радиоактивным загрязнением выше допустимого уровня, в целом не отвечающих ветеринарно-санитарным требованиям; снизить потери в животноводстве; обеспечить сохранение племенных и особо ценных животных; определить пути наиболее оптимального и полного использования пораженных животных.

Сортировка включает в себя: оценку радиационной обстановки на местности, радиационного фона и радиоактивного загрязнения территории, пастбищ, кормов и других объектов ветеринарного надзора; клинического состояния животных, выявление больных и постановку диагноза; прогнозирование характера и исхода радиационных поражений и степени лучевой болезни, определение хозяйственного использования животных.

Сортировку животных, находящихся в очаге, начинают с определения степени их радиоактивного загрязнения, разделяя на две группы: имеющие загрязнение выше допустимых величин и ниже или равное им.

Группу животных с радиоактивным загрязнением ниже допустимой величины осматривают и проводят индивидуальную дозиметрию. По данным обследования создают группы клинически здоровых и больных животных. У животных первой группы уточняют дозы внешнего и внутреннего облучений и прогнозируют степень лучевой болезни. У животных второй группы,

имеющих клинические признаки болезни, уточняют диагноз и при необходимости выделяют группы заразных и незаразных болезней и с комбинированными поражениями. По результатам сортировки намечают оптимальные пути хозяйственного использования животных в соответствии с действующими рекомендациями.

Для сортировки пораженных животных проводят диспансеризацию, которую дополняют дозиметрическими, радиометрическими, радиохимическими исследованиями. По результатам этих исследований делают основные выводы о степени радиационного поражения скота и определяют пути дальнейшего хозяйственного использования животных.

Животных, больных острой лучевой болезнью легкой, средней, тяжелой и крайне тяжелой степеней, развивающейся после однократного и повторного гамма-облучения, а также внутреннего (^{131}I) и сочетанного (гамма-облучения ^{131}I) радиационного поражения, можно убивать на мясо для хозяйственного использования во все периоды развития болезни. В случае вынужденного содержания овец, пораженных радиацией в дозах, вызывающих острую лучевую болезнь от легкой до крайне тяжелой степеней тяжести, в течение 7 суток без воды и корма возможность использования их на мясо сохраняется. Однако в этом случае наблюдают существенное снижение выхода мяса на 12-17%, белка и жира мышечной ткани, а также калорийности. Мясо этих животных по результатам органолептических, биохимических и бактериологических исследований отвечает требованиям доброкачественного. Выраженные признаки лучевого поражения, расстройства дыхания и пищеварения, лейкопения, снижение аппетита, угнетение, эпидемия не являются противопоказаниями к убою животных на мясо. К убою на мясо не допускают больных животных с профузным кровавым поносом и находящихся в агональном состоянии. Выход мяса при убое овец, подвергнутых радиационному воздействию в дозах, вызывающих тяжелую и крайне тяжелую степени лучевой болезни в латентный период, период выраженных клинических признаков и период выздоровления, снижается на 8-29%. Но биохимические показатели этого мяса соответствуют таковыми доброкачественного продукта. Мясо, полученное от подвергнутых радиационному воздействию овец в период разгара лучевой болезни средней, тяжелой и крайне тяжелой степеней, при положительных температурах (0-4⁰С) имеют пониженную устойчивость к хранению. Мясо, полученное от овец в период разгара лучевой болезни крайне тяжелой степени после внешнего гама-облучения, в условиях промышленного холодильника при температуре -15-18⁰С в течение 10-12 месяцев сохраняет доброкачественность.

При отправке на убой каждая партия животных должна иметь ветеринарное свидетельство по установленной форме, в котором кром заполнения имеющихся граф указывают следующие данные: дата, время и продолжительность нахождения животных на территории, загрязненной радионуклидами; дозы внешнего и внутреннего облучений животных

(расчетной или по данным дозиметрической службы); сведения о радиоактивном загрязнении кормов; уровни радиоактивного загрязнения кожных покровов животных; сведения о проведении ветеринарных обработок.

Уровни радиоактивного загрязнения кожных покровов и содержание радионуклидов в желудочно-кишечном тракте измеряют дозиметрами или другими подобными приборами. Замеры проводят со стороны спины и крупа, определяя поверхностное загрязнение животных. Затем измеряют уровень излучения в области левой голодной ямки и мечевидного хряща, определяя наличие радиоактивных веществ в желудочно-кишечном тракте животных. Если показания прибора при измерении в области левой голодной ямки и мечевидного хряща не превышают результатов с поверхности спины и крупа, то в желудочно-кишечном тракте не содержатся радиоактивные вещества.

Животных, имеющих высокую радиоактивную загрязненность кожных покровов, подвергают ветеринарной обработке. Это необходимо для обеспечения безопасности персонала, выполняющего технологические операции убой и разделки туш.

Ветеринарную обработку животных проводят на специальной площадке, развертываемой на дезактивированном участке местности, или в помещениях, допускающих возможность ее проведения.

При поступлении на боенскую площадку животных подвергают повторной дозиметрии с целью прижизненного определения содержания радионуклидов в мышечной ткани. Животных с повышенным содержанием радионуклидов передерживают с использованием чистых кормов. При необходимости производят контрольный убой нескольких животных с последующей радиометрией органов и тканей, а также определением изотопного состава радиоактивного загрязнения.

Сроки убой животных на мясо устанавливают с учетом их состояния. В первую очередь убивают животных с комбинированными поражениями – острая лучевая болезнь с травмами, местными поражениями, а также животных, у которых в прогнозе развитие лучевой болезни крайне тяжелой степени. Этим животным целесообразно убивать на мясо в течение первых 2-4 суток после облучения.

Во вторую очередь убивают животных, у которых в прогнозе лучевая болезнь тяжелой степени, - в течение первой недели после радиационного воздействия.

В гуртах скота, у которых прогнозируют лучевую болезнь средней степени, убою подлежат ослабленные и старые животные в первые 15 суток после лучевого поражения. За остальными животными устанавливают наблюдение.

При легкой степени лучевой болезни сроки убой животных не лимитированы.

При внешнем облучении в любой дозе все виды продуктивного скота могут быть использованы на мясо. Однако необходимо учитывать, что

пищевая пригодность мяса и субпродуктов зависит от времени, прошедшего после лучевого воздействия. При убое скота, подвергнутого внешнему облучению, проводят тщательный предубойный осмотр с обязательной термометрией, ветеринарно-санитарную экспертизу мясных туш и органов.

Животных, подвергшихся радиационному поражению, отправляют для убоя на мясо по разрешению соответствующих органов государственной службы субъектов Российской Федерации отдельными партиями и в согласованные с боенскими предприятиями сроки. Отправка таких животных гоном запрещена.

Послеубойный осмотр туш и органов. Мясо и другие продукты убоя животных подлежат ветеринарно-санитарной экспертизе. Ветеринарный врач, проводящий послеубойный осмотр туш и органов животных, должен знать о результатах их предубойного осмотра. Целью ветеринарного осмотра продуктов убоя является диагностика в них поражений и изменений, характерных для болезней или отклонений от нормы, а также для принятия решения о порядке использования туш и других продуктов убоя.

Продукты убоя после окончания ветеринарно-санитарного осмотра могут быть использованы следующим образом: на общих основаниях (без ограничений); с ограничениями для изготовления отдельных видов мясных продуктов на промышленном предприятии; для пищевых целей после обезвреживания пораженных продуктов убоя; на утилизацию или уничтожение.

Ветеринарно-санитарная экспертиза туш и органов животных, подвергшихся радиационному воздействию, должна проводиться с учетом радиоактивной загрязненности.

Мясо и другие продукты убоя животных, подвергшихся только внешнему гамма-облучению, используют без ограничений, если при послеубойном осмотре не обнаружено патологоанатомических изменений. При их наличии решение обязательного бактериологического исследования. Шкуры выпускают без ограничений.

Основанием для проведения бактериологического анализа являются следующие патологоанатомические изменения в туше пораженных животных. При убое животных в скрытый период и разгар острой лучевой болезни обнаруживают кровоизлияния почти во всех органах и тканях, но чаще всего они локализуются в эпикарде, реберной плевре, подкожной клетчатке, почках, слизистой оболочке пищеварительного канала. Кровоизлияния в эпикарде располагаются около основания сердца и по ходу венечных сосудов. В почках точечные и полосчатые кровоизлияния находят в корковом веществе и в области почечных лоханок. Отмечают кровоизлияния в слизистой двенадцатиперстной кишки и преджелудков крупного и мелкого рогатого скота, в слизистой желудка и кишечника свиней. Лимфатические узлы слегка набухшие. Костный мозг опустошен. Вследствие этого на распиле губчатых костей костный мозг может иметь желтый цвет.

У животных, убитых в период разрешения острой лучевой болезни, можно обнаружить следы кровоизлияний в виде скопления гемосидерина в слизистой оболочке кишечника, а также гемосидероз лимфатических узлов, придающий им ярко-ржавую окраску. Костный мозг может иметь нормальный цвет, но при анемии он более бледный.

Все эти признаки радиационных поражений указывают на подавление защитно-барьерных функций организма. Экспериментально установлены ослабление естественного и приобретенного иммунитета, снижение барьерно-фиксирующих свойств лимфатических узлов, снижение антитоксической функции печени, угнетение макрофагальной защиты, уменьшение интенсивности антителообразования, увеличение проницаемости кожи, слизистых оболочек, снижение их бактерицидных свойств, извращение воспалительной реакции на проникновение микроорганизмов.

Нарушение барьеров и повышение проницаемости стенки сосудов уже в скрытом периоде острой лучевой болезни способствуют проникновению в лимфатические пути и общий кровоток условно-патогенной микрофлоры.

Мясо животных, у которых обнаружены радиоактивные вещества в желудочно-кишечном тракте, исследуют радиометрически. Для этого от каждой однородной партии в выборку включают 10% туш крупного рогатого скота, 5% туш овец, свиней и 2% замороженных или охлажденных блоков мяса и субпродуктов. Тушки птиц отбирают от поставляемой на реализацию партии методом случайной выборки. Число проб зависит от количества единиц транспортных упаковок в партии. Пробы кур и уток отбирают полутушками, гусей и индеек – четвертой части тушки. При отборе проб на ферме объем выборки составляет не менее трех тушек для кур, уток, гусей и индеек. При отборе проб мяса кроликов и нутрий от каждой транспортной упаковки отбирают не более одной тушки кролика или нутрии.

При отборе проб костей в выборку включают 10% туш (полутуш, четвертин) крупного рогатого скота и 5% туш (полутуш) овец и свиней.

Отбор проб готовой мясной продукции, полуфабрикатов, копченостей и колбасных изделий проводят из выборки упаковочных единиц (ящики, коробки), которая составляет 10% всей партии, но не менее двух единиц.

Точечные образцы мышечной ткани отбирают от каждой включенной в выборку мясной туши или ее части целым куском массой не менее 200 г из следующих мест: у зареза, против 4-5-го шейного позвонка, в области лопатки и бедра.

Образцы от блоков мяса и субпродуктов отбирают также целыми кусками массой не менее 200 г. Из полученных точечных проб формируют объединенную пробу. Масса объединенной пробы должна быть не менее 1 кг. Для образования средней пробы (1 кг) мясо пропускают через мясорубку или нарезают кусочками (10-15 г) и тщательно перемешивают. В качестве точечных проб костей отбирают ребра животных или шейные позвонки.

Пробы заворачивают в несколько слоев марли, смоченной 4-5%-м раствором формалина, помещают в пакеты из плотного полиэтилена и завязывают. На пробы составляют сопроводительный документ в двух экземплярах. Один экземпляр акта и опись упаковывают вместе с пробами, направляемыми на исследование. Второй экземпляр акта остается на предприятии, где проводили отбор.

На первом этапе аварийной ситуации (в условиях интенсивного радиоактивного загрязнения территории) высокая точность измерения радиоактивности проб исследуемых объектов не имеет особого значения. Напротив, в условиях загрязнения территории долгоживущими изотопами (особенно в малых дозах) первостепенное значение имеет точность определений.

Особенности ветеринарно-санитарной экспертизы молока, полученного от коров, подвергшихся внешнему и внутреннему облучениям, связаны с возможностью бактериального и радиоактивного загрязнения продукта. Молоко от коров с легкой и средней степенями тяжести лучевой болезни может иметь повышенную бактериальную обсемененность, в том числе и микрофлорой из группы стафилококков. Поэтому такое молоко в первые 14 суток выпускают в реализацию после кипячения в течение 20-30 минут. В последующие дни молоко от таких коров выпускают без ограничений. В то же время это молоко по органолептическим и биохимическим показателям, а также по содержанию жира, белка, лактозы, минеральных веществ и витаминов не отличается от молока здоровых животных. При острой лучевой болезни тяжелой степени тяжести удои резко снижаются и молоко коров как продукт питания ценности не представляют.

В соответствии с требованиями Ветеринарных правил (ВП 13.73.13-00) при содержании животных на загрязненной радионуклидами территории кроме общепринятых методов ветеринарно-санитарной экспертизы продукции животноводства необходимо в обязательном порядке проводить определение содержания в ней радионуклидов. Реализация такой продукции зависит от соответствия содержания в ней радионуклидов требованиям Сан ПиН 2.3.2.1078-01 или временным допустимым уровнем, устанавливаемым органами Роспотребнадзора в соответствии с действующим законодательством.

Контроль содержания радионуклидов в продукции животноводства осуществляют в соответствии с действующими нормативными документами: Положение о сети наблюдений и лабораторного контроля, Положение о системе государственного ветеринарного контроля радиоактивного загрязнения объектов ветеринарного надзора в Российской Федерации (1998).

10. Радиационная экспертиза кормов и продукции животноводства

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. Таким образом, радиоактивное загрязнение окружающей среды, как и загрязнение, ее отходами современной промышленности и цивилизации,— неизбежный фактор атомного века.

Единственное, что необходимо делать, — это контролировать уровень радиоактивной загрязненности внешней среды и принимать меры к его ограничению, а также предотвращать попадание радиоактивных веществ в продукты питания.

Все это вызвало необходимость создания во многих странах службы радиационной безопасности. В различных странах она организована по-разному, но везде подразделяется на ряд сфер (геофизическую, медицинскую, сельскохозяйственную и т. д.). 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».

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

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

Радиометрические методы включают: 1) полевую радиометрию и дозиметрию, являющихся одним из первых этапов радиационного контроля внешней среды и объектов сельскохозяйственного производства; 2) экспрессное определение радиоактивности, использующиеся для получения оперативной информации о степени загрязненности объектов внешней среды и сельскохозяйственного производства. Разновидности экспрессных методов — измерение суммарной радиоактивности бета- и гамма-излучающих нуклидов, экспресс-методы измерения ^{137}Cs и ^{90}Sr , экспресс-методы радиационного контроля рыночной продукции, прижизненный

радиационный контроль; 3) радиометрию зольных остатков и радиохимических препаратов.

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

Отбор проб проводят сотрудники радиологических отделов, другие лица только после подробного инструктажа о правилах отбора и транспортировки проб с последующим периодическим их контролем.

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

Таблица 2 - Сроки и нормы отбора проб объектов ветнадзора для исследования на радиоактивность

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

При отборе проб в контрольных пунктах измеряют гамма-фон прибором типа СПП-68-01 на расстоянии 0,7-1 м от почвы и 1-1,5 см от скирды, бурта, туши животных, рыбы и шерсти. Данные гамма-фона записывают в сопроводительном документе.

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

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

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

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

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

В контрольных пунктах одновременно с отбором проб измеряют мощность дозы естественного гамма-фона радиации (за счет космического излучения) в данной местности. Средний уровень 100 нГр/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.

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

При отборе проб немедленно соблюдать определенные правила. Отбор проб *травы* проводят как на низинных, так и на горных пастбищах и сенокосах, удаленных от дороги не менее, чем на 200 м. Траву срезают на трех участках, расположенных по треугольнику и отстоящих один от другого примерно на 50-100 м. Пробу взвешивают, записывают сырую массу и помещают в целлофановый пакет.

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

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

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

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

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

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

Чтобы не допустить порчи мяса, костей при доставке в радиобиологический отдел или при хранении, их консервируют. Пробы завертывают в несколько слоев марли, сильно смоченной 4-5%-ным раствором формальдегида, или помещают в плотно закрывающиеся банки (полиэтиленовые мешки), куда вкладывают большой тампон выты или фильтровальной бумаги, смоченной 40%-ным раствором формальдегида. Целые тушки птицы и рыбы можно консервировать путем инъектирования в них из шприца 5%-ного раствора формальдегида.

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

Пробы *воды* из рек, прудов, озер отбирают у берегов в местах водопоя животных. Если водоем глубокий, то берут 2 пробы: с поверхности и на расстоянии примерно 0,5 м от дна (чтобы не захватить донные отложения). Пробы помещают в чистые бутылки, предварительно ополоснув их в исследуемой воде.

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

Каждую отобранную пробу взвешивают, помещают в чистую сухую тару, упаковывают ящики и опечатывают. К таре прикрепляют этикетку, где указывают название пробы, место и дату взятия, ее массу.

Спектрометрический метод радиационной экспертизы применяют для анализа сложных смесей без предварительного выделения радионуклидов. Спектрометрия актуальна при «свежих» выпадениях смеси радионуклидов, а когда известен изотопный состав, то нет необходимости проводить спектрометрию.

11. Использование радионуклидных методов и радиационной биотехнологии в животноводстве и ветеринарии

Применение современных достижений ядерной физики в животноводстве и ветеринарии, а также в других отраслях сельского хозяйства развивается в следующих направлениях - радионуклиды применяют как индикаторы (меченые атомы) в исследовательских работах в области физиологии и биохимии животных и растений, а также в разработке методов диагностики и лечения заболевших животных.

Радионуклиды и ионизирующие излучения для диагностических и лечебных целей успешно и широко применяют в медицине. В ветеринарии эти способы пока еще малодоступны для практического использования, хотя и имеется ряд разработок, показывающих высокую их эффективность и перспективность. Например, положительные результаты радиотерапии получены при актиномикозе у коров, демодекозе у собак, обильном разрастании грануляций и злокачественных новообразованиях конъюнктивы и кожи, асептических воспалительных процессах суставов у лошадей.

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 нашей стране для нужд сельского хозяйства и научных исследований в области радиационно-биологической технологии создан целый ряд передвижной и стационарной техники.

Изучая процесс радиационной стимуляции на молекулярно-биохимическом уровне, радиобиологи показали, что облучение растений приводит к активации многих процессов обмена: усиливается синтез нуклеиновых кислот, белков, гормонов, повышается активность некоторых ферментов, изменяется проницаемость мембран, усиливается поступление в растения питательных веществ. Все это приводит в итоге к ускорению роста и развития растений.

Одно из перспективных направлений использования ионизирующих излучений — радиационная обработка мяса и мясных продуктов с целью удлинения сроков хранения и обеззараживания при некоторых заболеваниях. Разработана радиационная технология обработки и хранения мясной продукции на основе методов пастеризации и стерилизации. Радиационные методы хранения мясной продукции обладают существенными преимуществами: можно продлить сроки хранения и дополнительно уменьшить потери при хранении и транспортировке; нет загрязнения химическими препаратами; возможна обработка продукта в любой упаковке, в том числе из полимерных материалов; можно механизировать и автоматизировать весь технологический процесс.

В ряде стран в повседневной практике используют рентгеновское и гамма-излучение для стерилизации пластиковой или картонной упаковки, в которой хранят молоко.

Актуальная задача - удлинение сроков хранения рыбы и морских продуктов. Ионизирующие излучения используют для продления сроков хранения картофеля, лука и других овощей.

12. Список вопросов для выполнения контрольной работы по дисциплине «Радиобиология»

1. Элементы ядерной физики, строение атома.
2. Типы ядерных превращений.
3. Ядерные силы. Дефект массы
4. Характеристика радиоактивных излучений
5. Закон радиоактивного распада. Единицы радиоактивности
6. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом.
7. Методы обнаружения и регистрации ионизирующих излучений. Характеристика основных типов современных приборов, используемых для регистрации излучений ветеринарной радиологической службой
8. Дозиметрия ионизирующих излучений
9. Источники загрязнения окружающей среды. Физико-химическое состояние радионуклидов в воде, почве, кормах, органах и тканях животных.
10. Естественные источники ионизирующих излучений
11. Искусственные источники ионизирующих излучений
12. Миграция наиболее опасных радионуклидов в биосфере, накопление их в кормовых культурах, особенности перехода по кормовым цепочкам
13. Некорневое поступление радионуклидов в кормовые культуры.
14. Миграция радионуклидов по сельскохозяйственным цепочкам.
15. Общие закономерности перемещения радионуклидов в биосфере.
16. Источники и пути поступления радионуклидов в организме. Методы ускорения выведения радионуклидов из организма животных.
17. Классификация радионуклидов по их токсичности для человека и животных.
18. Механизм токсикологического действия радионуклидов.
19. Пути поступления, накопления и выведения из организма радионуклидов.
20. Метаболизм и токсикология радионуклидов.
21. Переход радионуклидов от матери к плоду.
22. Накопление радионуклидов в организме при хроническом поступлении.
23. Переход радионуклидов в продукцию животноводства при разовом их воздействии.
24. Переход радионуклидов из рациона животных в продукции животноводства.
25. В чем заключается особенности накопления и выведение радиоизотопов йода, стронция и цезия.
26. Профилактика лучевой болезни
27. Лечение лучевой болезни
28. Диагностика лучевой болезни
29. Особенности протекания лучевой болезни у КРС
30. Особенности протекания лучевой болезни у лошадей
31. Особенности протекания лучевой болезни у свиней
32. Особенности протекания лучевой болезни у овец и коз
33. Особенности протекания лучевой болезни у кур

34. Теория прямого действия радиации.
35. Теория непрямого действия радиации.
36. Характеристика температурного, кислородного и защитного эффектов.
37. Механизм биологического действия ионизирующего излучения.
38. Механизм опосредованного действия ионизирующего излучения на организм.
39. Чувствительность клеток и тканей организма к ионизирующей радиации.
40. Ионизирующее излучение как один из факторов этиологического характера при различных патологиях.
41. Влияние ионизирующих излучений на нервную систему.
42. Влияние ионизирующих излучений на органы чувств.
43. Влияние ионизирующих излучений на кожу и соединительную ткань.
44. Влияние ионизирующих излучений на эндокринные железы.
45. Влияние ионизирующих излучений на кровь и кроветворные органы.
46. Влияние ионизирующих излучений на органы пищеварения.
47. Влияние ионизирующих излучений на сердечно-сосудистую систему.
48. Влияние ионизирующих излучений на органы дыхания.
49. Влияние ионизирующих излучений на органы выделения.
50. Влияние ионизирующих излучений на кости, хрящи и мышцы.
51. Влияние ионизирующих излучений на органы размножения и потомство животных.
52. Влияние ионизирующих излучений на иммунологическую реактивность животных
53. Прогнозирование поступления радионуклидов в мясо и молоко.
54. Прогнозирование накопления радионуклидов в кормах
55. Прогнозирование и нормирование поступления радионуклидов в организм животных и продукцию животноводства
56. Организация и ведение животноводства в условиях радиоактивного загрязнения.
57. Мероприятия по снижению содержания радионуклидов в кормах и продукции животноводства в условиях радиоактивного загрязнения среды.
58. Технологические способы переработки загрязненной радионуклидами животноводческой продукции.
59. Закон радиоактивного распада.
60. Естественная и искусственная радиоактивность.
61. Доза излучения ее мощность и единицы измерения.
62. Пути загрязнения внешней среды радионуклидами.
63. Радиометрия.
64. Спектрометрия.
65. Хроническая форма лучевой болезни.
66. Острая форма лучевой болезни.
67. Принцип бактерицидного действия радиации.
68. Применение метода меченых атомов.
69. Цели и задачи радиационной биотехнологии.

70. Радиационный контроль в животноводстве.
71. Принцип прижизненного определения радионуклидов в организме животных.
72. Средства индивидуальной защиты
73. Пределы доз и условия работы с источниками ионизирующих излучений.
74. Лучевые ожоги у животных
75. Диагностика и лечение лучевых ожогов
76. Особенности заживления ран на фоне лучевой болезни
77. Раны, загрязненные радиоактивными веществами
78. Особенности заживления ожогов на фоне лучевой болезни
79. Отдаленные последствия действия радиации
80. Организация работы с закрытыми источниками ионизирующих излучений
81. Организация работы с открытыми источниками ионизирующего излучения
82. Радиолиз воды
83. Комбинированные лучевые ожоги
84. Теория мишени и попаданий и стохастическая теория
85. Природные радиоактивные вещества
86. Структурно-метаболическая теория
87. Теория липидных радиотоксинов
88. Опосредованное действие радиации
89. Космическое излучение
90. Радиохимический метод объектов ветеринарного надзора
91. Радиометрический метод объектов ветеринарного надзора
92. Сроки и правила отбора проб кормов и продукции животноводства на исследование
93. Агротехнические мероприятия после выпадения радиоактивных осадков
94. Режим питания и содержания животных в радиоактивных условиях загрязнения среды
95. Использование кормов, кормовых угодий, животных и продукции животноводства, загрязненных радионуклидами
96. Метаболизм и токсикология ^{131}I
97. Метаболизм и токсикология ^{90}Sr
98. Метаболизм и токсикология ^{137}Cs
99. История развития радиобиологии
100. Радиочувствительность животных

Номера вопросов контрольной работы

Предпоследняя цифра зачетной книжки	Последняя цифра зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	1, 10, 20, 44, 100	11, 30, 45, 79, 99	8, 21, 40, 67, 98	7, 31, 50, 68, 97	6, 32, 41, 60, 96	5, 33, 51, 70, 95	4, 61, 35, 80, 94	3, 36, 63, 71, 90	2, 37, 62, 81, 100	1, 20, 38, 50, 91
2	2, 20, 29, 40, 90	12, 19, 31, 43, 43	22, 18, 41, 79, 9	32, 17, 55, 78, 94	42, 16, 66, 77, 29	52, 15, 71, 37, 95	62, 14, 81, 75, 47	72, 13, 91, 74, 48	82, 12, 19, 73, 49	92, 41, 8, 72, 63
3	3, 30, 21, 89, 50	13, 29, 32, 71, 55	23, 28, 42, 65, 9	33, 27, 52, 64, 92	43, 26, 62, 93, 8	53, 25, 72, 62, 4	63, 24, 82, 61, 39	73, 23, 92, 60, 44	83, 22, 18, 59, 95	93, 21, 9, 58, 74
4	4, 40, 22, 88, 63	14, 39, 33, 70, 64	24, 38, 43, 57, 78	34, 76, 53, 91, 65	44, 36, 63, 17, 79	54, 35, 73, 48, 66	64, 34, 83, 47, 22	74, 33, 93, 46, 26	84, 32, 17, 45, 67	94, 31, 7, 44, 68
5	5, 50, 23, 87, 69	15, 49, 34, 69, 92	25, 8, 44, 56, 87	35, 47, 54, 9, 88	45, 6, 64, 39, 89	55, 45, 74, 38, 90	65, 44, 84, 37, 91	75, 43, 94, 36, 9	85, 42, 16, 35, 10	95, 41, 6, 34, 17
6	6, 60, 24, 86, 29	16, 59, 35, 68, 27	26, 58, 45, 10, 31	36, 26, 51, 42, 89	46, 56, 65, 33, 20	56, 5, 75, 28, 22	66, 54, 85, 27, 92	76, 53, 95, 26, 48	86, 52, 15, 25, 49	96, 51, 5, 24, 64
7	7, 70, 25, 85, 30	17, 69, 36, 82, 28	27, 68, 46, 54, 32	37, 67, 56, 43, 25	47, 66, 61, 32, 1	57, 65, 76, 23, 12	67, 64, 86, 19, 38	77, 63, 96, 18, 40	87, 62, 14, 49, 32	97, 61, 4, 16, 33
8	8, 80, 26, 40, 62	18, 79, 37, 66, 84	28, 78, 47, 53, 13	38, 77, 57, 42, 34	48, 76, 67, 31, 18	58, 7, 79, 22, 91	68, 74, 87, 4, 28	78, 73, 97, 15, 29	88, 72, 13, 8, 30	98, 71, 3, 11, 45
9	9, 90, 27, 82, 46	19, 89, 38, 65, 47	29, 88, 48, 92, 16	39, 87, 58, 41, 17	49, 86, 68, 30, 18	59, 85, 77, 21, 19	69, 84, 38, 5, 20	79, 83, 48, 14, 32	89, 67, 12, 55, 49	99, 81, 2, 12, 50
0	10, 100, 28, 81, 51	20, 99, 39, 64, 52	30, 98, 49, 7, 21	40, 97, 59, 84, 22	50, 96, 69, 29, 53	60, 95, 78, 20, 54	70, 34, 89, 6, 55	80, 93, 29, 13, 56	90, 52, 11, 43, 75	100, 29, 1, 51, 76

Рекомендуемая литература:

1. Лысенко Н. П. Радиобиология [Электронный учебник] / Лысенко Н.П., Пак В.В., Рогожина Л.В., Кусурова З.Г.. - Москва: Лань", 2016. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=71754
2. Степанов В. Г. Ветеринарная радиология / В. Г. Степанов. - Москва: Лань, 2018. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/102241>
3. Трошин Е. И. Тесты по радиобиологии [Электронный учебник] / Трошин Е.И., Васильев Ю.Г., Иванов И.С.. - Москва: Лань", 2014. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=49474
4. Лысенко Н.П. Радиобиология [Электронный ресурс] / Н.П. Лысенко.- М. Лань, 2012. - 576 с.: ил.- Электрон. текстовые дан. // Лань: электронно-библиотечная система. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=42298
5. Практикум по радиобиологии: учеб. пособие для вузов/ Н. П. Лысенко [и др.], 2007 - 399 с.
6. Радиобиология. Радиационная безопасность сельскохозяйственных животных: учеб. пособие для вузов/ В. А. Бударков [и др.]; под ред. В. А. Бударкова, А. С. Зенкина, 2008.- 351 с.
7. Ведение животноводства в условиях радиоактивного загрязнения среды: учеб. пособие для вузов по спец. 310700 - Зоотехния и 310800 - Ветеринария / Н. П. Лысенко [и др.], 2005.- 239
8. Анненков, Б.Н. Основы сельскохозяйственной радиологии: учеб. пособие для вузов / Б. Н. Анненков, Е. В. Юдинцева, 1991.- 286 с.
9. Радиобиология: учеб. для вузов / А. Д. Белов [и др.]; под ред. А. Д. Белова, 1999.- 384 с.
10. Фокин, А.Д. Сельскохозяйственная радиология [Текст]: учеб. для вузов по направлениям "Агрехимия и агропочвоведение", "Агрономия", "Садоводство", "Технология пр-ва и переработки с.-х. продукции": рек. Учеб.-метод. об-нием / А. Д. Фокин, А. А. Лурье, С. П. Торшин.- 2-е изд., перераб. и доп.- СПб.: Лань, 2011.- 415 с.

(Титульный лист контрольной работы)

ФГБОУ ВО ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ А.А. ЕЖЕВСКОГО

Факультет Биотехнологии и ветеринарной медицины

Кафедра анатомии, физиологии и микробиологии

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА
по дисциплине «Радиобиология»
(вариант №_____)

Выполнил: студент заочного обучения
(Фамилия, имя, отчество)

Проверил: _____

Иркутск 20__г

Предельно допустимые нормы содержания
радионуклидов в продуктах (Сан ПиН-99)

Продукты	Допустимое содержание радионуклидов, не более, Бк/кг (л)	
	^{90}Sr	^{137}Cs
Мясо без костей	50	160
Оленина	80	250
Мясо диких животных без костей	100	320
Кости	200	160
Птица (все виды)	80	180
Яйца и продукты их переработки	50	80
Молоко и сливки, кисломолочные продукты, творог	25	50
Молоко сухое и концентрированное	200	360
Сыры	100	50
Рыба живая, охлажденная	100	130
Рыба сушеная, вяленая	200	260
Сахар	100	140
Мед	80	100
Масло коровье	60	100
Жир: говяжий, свиной, бараний	80	60
других животных	50	100
Масло растительное (все виды)	80	60
Семена масличных культур	90	70
Свежие и свежемороженые растительные продукты:		
картофель	60	320
овощи, бахчевые	50	130
фрукты, ягоды, виноград	50	40
грибы	50	500
Сухие растительные продукты:		
картофель	240	1200
овощи, бахчевые	240	600
фрукты, ягоды, виноград	240	200
грибы	250	2500
Орехи	100	200
Чай	100	400
Концентраты и гидролизаты растительных белков, мука и пищевой шрот из бобовых, масличных и других культур	100	80
Отруби пищевые: зерновых культур	140	80
бобовых культур	100	60