

Новосибирский государственный аграрный
университет

Ветеринарная радиобиология
методические указания по самостоятельным
работам и выполнению контрольных работ

Новосибирск 2016

УДК 619 : 577.3 (07)

ББК 48, я 7

В 39

Составители: к.биол. наук, доц. Н.И. Мармулева;
к.с.х. наук, доц. Л.А. Овчинникова
к.биол. наук, доц. Е.Л. Дзю.

Рецензент: к.т.н., доцент В.А. Понуровский

Ветеринарная радиобиология: метод. указания по изучению курса и выполнению контрольных работ / Новосиб. гос. аграр. ун-т. ИЗОП; сост.: Н.И. Мармулева., Л.А. Овчинникова, Е.Л. Дзю. – Новосибирск, 2017. – 30 с.

В указаниях даны задания по выполнению контрольных работ, основные формулы и примеры решения задач, а также вопросы для самоконтроля по дисциплине.

Методические указания предназначены для студентов очной и заочной формы обучения и разработаны в соответствии с требованиями образовательных стандартов по специальности Ветеринария.

Утверждены и рекомендованы к изданию учебно-методическим советом Инженерного института (протокол №5 от 12 декабря 2017 г.).

© Новосибирский государственный аграрный университет, 2017

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	4
СОДЕРЖАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ	5
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ СОДЕРЖАНИЯ ТЕМ КУРСА	6
Методические указания по выполнению контрольной работы	24
Вопросы и задачи для контрольной работы	26
Библиографический список	30

ВВЕДЕНИЕ

Ветеринарная радиобиология – одно из направлений радиобиологии, изучающее влияние ионизирующих излучений на сельскохозяйственных животных, организацию животноводства на загрязненных радиоактивными веществами территориях, использование радионуклидов и ионизирующих излучений в животноводстве и ветеринарии, радиометрическую и радиохимическую экспертизу объектов ветеринарного надзора.

Основной задачей радиобиологии являются поиски средств защиты организма от воздействия излучений, путей восстановления от повреждений на основе общих закономерностей биологического ответа на ионизирующие воздействия.

При решении этой задачи ветеринарная радиобиология опирается на теоретические представления о молекулярных механизмах действия ионизирующих излучений и результаты экспериментальных исследований, проведенных с использованием радиобиологических методов.

Предмет ветеринарная радиобиология занимается изучением и прогнозированием опасности для человека и животных повышенного уровня радиации окружающей среды и радиоактивного загрязнения продуктов животноводства; разработкой методов использования ионизирующих излучений для диагностики болезней и лечения сельскохозяйственных животных, стимуляции хозяйственно полезных качеств у животных совершенствование методов радиационной экспертизы объектов ветнадзора и др.

Правильная и своевременная организация мер по определению радиационной ситуации, обработке и защите животных значительно предотвратит заражение радиоактивными веществами продуктов животноводства.

Проблема защиты населения от действия радиационных излучений имеет глобальный характер. Вопросами гигиенического нормирования ионизирующих излучений в России занимается научная комиссия по радиационной защите. Контроль за загрязнением кормов, воды и продуктов животноводства осуществляет радиологическая служба.

СОДЕРЖАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа студентов рассматривается как одна из форм обучения, которая предусмотрена ФГОС и рабочими учебными планами. Целью самостоятельной (внеаудиторной) работы студентов является обучение навыкам работы с учебной и научной литературой и практическими материалами, необходимыми для изучения курса «Ветеринарная радиобиология» и развития у них способностей к самостоятельному анализу полученной информации.

Задания для самостоятельной работы.

Самостоятельная работа по данному курсу состоит из двух частей:

1. Изучение теоретических основ курса, используя источники, указанные в списке литературы.

Контроль осуществляется с помощью:

- выполнения контрольной работы (см. ниже);
- подготовки ответов на контрольные вопросы.

2. Подготовки к практическим занятиям в соответствии с тематическим планом их проведения. Ниже приводятся темы, которые необходимо самостоятельно проработать к моменту проведения соответствующего практического занятия.

Контроль осуществляется преподавателями во время проведения занятий, при этом в конце каждого занятия студент получает оценку за выполнение индивидуальной самостоятельной работы.

В процессе изучения дисциплины студент выполняет следующие виды самостоятельной работы:

- подготовка к устному опросу по разделам (темам);
- подготовка и выполнение контрольной работы;
- подготовка к тестированию;
- подготовка к экзамену.

Материал, выносимый на самостоятельную работу

№пп	Наименование разделов и тем	№ разделов дисциплины
1	Введение. Предмет и задачи ветеринарной радиобиологии	1
2	Физические основы радиобиологии	2

3	Дозиметрия и радиометрия ионизирующих излучений	3
4	Основы сельскохозяйственной радиоэкологии. Токсикология радиоактивных веществ	4
5	Ведение сельскохозяйственного производства на землях, загрязненных радионуклидами	5
6	Биологическое действие ионизирующих излучений	6
7	Лучевые поражения	7
8	Радиологический контроль объектов ветеринарного надзора	8
9	Основы радиационной безопасности. Организация работы с радиоактивными веществами.	9

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ СОДЕРЖАНИЯ ТЕМ КУРСА

Введение

Анализ основных вех развития радиобиологии позволяет выделить три временных этапа. Первый этап – *феноменологический*.

Открытие Иваном Павловичем Пулюем (1890) и Вильгельмом Конрадом Рентгеном X-лучей (1895), Анри Беккерелем естественной радиоактивности (1896), Марией Склодовской и Пьером Кюри радиоактивных свойств полония и радия (1898) явилось основой рождения радиобиологии.

Второй этап - *теоретический*, характеризуется разработкой различных методов исследований, для установлений связи дозы поглощенной энергии ионизирующего излучения и ответной реакции организма (эффекта). Одним из первых методов исследования является количественное сопоставление рассматриваемого эффекта с вызвавшей его дозой излучения, ее распределением во времени и объеме реагирующего объекта.

Третий этап – *практический*. Благодаря быстрому развитию ядерной физики и техники, а также в результате радиоактивного загрязнения окружающей среды вследствие испытаний ядерного оружия в 40-50 гг. радиобиология формируется как самостоятельная область науки. Актуальными становятся такие практические задачи, как изыскание

различных средств защиты организма от излучений и путей его пострadiационного восстановления от повреждений, прогнозирование опасности для человечества повышающегося уровня радиации окружающей среды, изыскание новых путей использования ионизирующих излучений в медицине, сельском хозяйстве, пищевой и микробиологической промышленности.

Вопросы для самопроверки

1. Радиология и радиобиология. Задачи. Краткая история развития науки.
2. Значение курса сельскохозяйственной радиобиологии в подготовке зооинженеров и технологов производства.
3. Значение достижений и перспективы развития ядерной физики.
4. Проблемы радиэкологии.

Раздел 1. Физические основы радиобиологии

Эта часть курса посвящена изложению наиболее важных вопросов предмета, без четкого знания которых невозможно освоение материала последующих тем.

При изучении раздела особое внимание уделить:

- строению атома и явлению радиоактивности;
- радиоактивным излучениям и эффектам вызывающим их появление;
- видам и характеристике ионизирующих излучений;
- типам ядерных превращений;
- закону радиоактивного распада и единицам активности.

Изучить понятия: естественная и искусственная радиоактивность; изотопы, изобары, изомеры.

Необходимо ознакомиться с ядерными реакциями и искусственной радиоактивностью, с получением и свойствами искусственных радиоактивных изотопов. Реакциями деления и синтеза ядер.

Уметь пользоваться законом радиоактивного распада для определения активности вещества на заданный момент времени.

Основные формулы

- Основной закон радиоактивного распада

$$N = N_0 e^{-\lambda t},$$

где N – число радиоактивных ядер, оставшихся по прошествии времени t ; N_0 – исходное число радиоактивных ядер в момент времени $t = 0$; e – основание натуральных логарифмов ($e = 2,72$); λ – постоянная радиоактивного распада.

- Период полураспада связан с постоянной распада соотношением

$$\lambda = 0,693 / T_{1/2} .$$

тогда получим:

$$N = N_0 e^{-0,693t/T}$$

- * Среднее время жизни τ радиоактивного ядра – промежуток времени, за который число нераспавшихся ядер уменьшается в e раз:

$$\tau = 1 / \lambda .$$

- * Активность A нуклида в радиоактивном источнике есть величина, равная отношению числа dN ядер, распавшихся в изотопе, к промежутку времени dt , за которое произошел распад, Активность определяется по формуле

$$A = - dN / dt .$$

- * Для характеристики гамма-активности источников используют эквивалент 1 мг радия (мг-экв.радия). Эту величину называют ионизационной гамма-постоянной радия и принимают за эталон мощности дозы гамма-излучения ($K_\gamma = 8,4$ Р/ч). Гамма-эквивалент M изотопа связан с его активностью A (мКи) через K_γ соотношениями:

$$M = A K_\gamma / 8,4 \text{ или } A = 8,4 M / K_\gamma .$$

Примеры решения задач

Задача 1. Активность A_0 радиоактивного элемента P^{32} на определенный день равна 5 мКи. Определить активность этого элемента через неделю. Период полураспада $T_{1/2}$ элемента P^{32} составляет 14,3 дня.

Решение:

Активность любого радиоактивного препарата по истечении времени t определяют по формуле, соответствующей основному закону радиоактивного распада:

$$A_t = A_0 e^{-0,693 t / T}$$

Активность P^{32} через 7 суток

$$A_7 = 5 \cdot 2,72^{-0,693 \times 7 : 14,3} = 5 \cdot 2,72^{-0,34} = 3,55 \text{ мКи}$$

Задача 2 Активность Co^{60} на 1 января 2007 г. составляла 10 мг. экв. радия. Определить его активность на 1 сентября 2013 г. Период полураспада $T_{1/2}$ Co^{60} составляет 5,3 года.

Решение:

Для удобства расчетов переведем $T_{1/2}$ и t в месяцы. $T_{1/2} = 64$ месяца, $t = 80$ месяцев.

Активность Co^{60} на заданный момент времени $A_t = A_0 e^{-0,693t : T}$

$$A_t = 10 \cdot 2,72^{-0,693 \times 80 : 64} = 10 \cdot 2,72^{-0,867} = 4,237 \text{ мг. экв. радия.}$$

Переведем активность, выраженную в мг. экв. радия в мКи

$$A = 8,4 \text{ М / К}\gamma, \text{ где К}\gamma - \text{гамма постоянная } \text{Co}^{60} = 13,5 \text{ Р/ч}$$

$$A = 8,4 \cdot 4,237 : 13,5 = 2,64 \text{ мКи.}$$

Вопросы для самопроверки

1. Изобразить схематическую модель атома.
2. Физическая характеристика элементарных частиц, входящих в состав атома.
3. Назвать и объяснить процессы, связанные с перемещением электрона в атоме.
4. Явления радиоактивности.
5. Электромагнитные и корпускулярные ионизирующие излучения.
5. Закон радиоактивного распада.
6. Единицы измерения радиоактивности.

Раздел 2. Радиометрия и дозиметрия ионизирующих излучений

Эта часть курса опирается на теоретические представления о молекулярных механизмах действия ионизирующих излучений и результаты экспериментальных исследований, проведенных с использованием радиометрических и дозиметрических методов.

Раздел нужно начать с изучения следующих понятий: закономерность взаимодействия продуктов радиоактивного распада с окружающей средой; закон ослабления пучка бета-частиц; закон половинного ослабления бета-частиц в веществе; закон поглощения

пучка гамма-лучей; основные эффекты взаимодействия нейтронов с веществом.

Особое внимание следует обратить на практическое применение законов ослабления и поглощения в радиобиологии при организации защиты от излучений;

Необходимо изучить:

- цели и задачи радиометрии и дозиметрии;
- методы и средства обнаружения, регистрации и измерения ионизирующих излучений;
- классификацию радиометрических и дозиметрических приборов, их устройство и назначение;
- основные методы измерения радиоактивности: сравнительный, расчетный и абсолютный;
- выбор наиболее эффективных условий и времени счета;
- определение абсолютной и относительной ошибок счета;
- дозы излучения, виды доз, мощность дозы и единицы их измерения;
- расчет доз при внешнем и внутреннем облучении;
- связь между активностью источника и дозой облучения.

На примерах решения задач научиться рассчитывать дозы при внешнем и внутреннем облучении.

Основные формулы

* При однократном поступлении в организм гамма-излучающего изотопа поглощенная доза за определенный период рассчитывается по формуле

$$D_n = 0,032 K\gamma C_0 \rho q T_{\text{эфф}} (1 - e^{-693t/T_{\text{эфф}}}), \text{ рад,}$$

где 0,032 – постоянный расчетный коэффициент поглощенных доз; $T_{\text{эфф}}$ – эффективный период полувыведения; $K\gamma$ – гамма-постоянная изотопа, Р/ч; C_0 – начальная концентрация изотопа в ткани, мКи/г; ρ – плотность ткани, г/см³; q – геометрический фактор, зависящий от формы и размера объекта.

t – время в сутках.

* Для установления соотношения между активностью радиоактивного препарата и экспозиционной дозой D_3 (поглощенной дозой D_n) используют гамма-постоянную $K\gamma$. Дозу от внешнего точечного источника определяют по формуле:

$$D_n = D_3 = K\gamma At/R^2, \text{ рад (Р)}$$

Если вместо активности известен гамма-эквивалент радиоактивного изотопа M , то

$$D_{\text{п}} = D_{\text{г}} = 8,4Mt/R^2, \text{ рад (Р)},$$

где A – активность, мКи (Бк); t – время облучения, ч; R – расстояние от источника, см; M – гамма-эквивалент радиоактивного изотопа, мг-экв.радия; $8,4$ – гамма-постоянная радия,г.

* Для учета биологической эффективности различных видов излучения необходимо рассчитать эквивалентную дозу H

$$H = D_{\text{п}} \cdot \text{ОБЭ},$$

Где ОБЭ - коэффициент относительной биологической эффективности (или коэффициент качества Q) (табл. 2).

Таблица 2. Значения коэффициента ОБЭ (Q) для разных видов излучений

Виды излучений	ОБЭ (Q)
Рентгеновское, гамма- и бета-излучения	1
Альфа-частицы, протоны	10
Нейтроны:	
медленные (тепловые)	3...5
быстрые	10
Тяжелые ядра отдачи	20

Пример решения задач

Задача 1. Рассчитать экспозиционную $D_{\text{экс}}$ и эквивалентную $D_{\text{экв}}$ поглощенную дозы от смешанного источника излучения, если доза от альфа-излучения составляла 2 рад, от бета-излучения – 4 рад, от гамма-излучения – 1 рад, и от быстрых нейтронов – 3 рад.

Решение:

$$\sum D_{\text{экс}} = 0,877 \sum D_{\text{погл}} = 0,877(2+4+1+3) = 8,77 \text{ Р.}$$

$$\sum D_{\text{экв}} = \sum D_{\text{погл}} \text{ ОБЭ} = 2 \cdot 20 + 4 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 3 \cdot 10 = 75 \text{ бэр} = 0,75 \text{ Зв}$$

Задача 2. Определить дозу, которую получит за 4 часа экспериментатор, работая с раствором I^{131} активностью A - 20 мг. экв. радия на расстоянии R - 0,5 м, если γ -постоянная для I^{131} , $K\gamma = 2,3$ р/ч.

Решение:

$$D_{\text{эксп}} = A K\gamma t : R^2$$

$$D_{\text{эксп}} = 20 \cdot 2,3 \cdot 4 : 2500 = 0,074 \text{ Р}$$

$$D_{\text{погл}} = D_{\text{эксп}} : 0,877 = 0,074 : 0,877 = 0,084 \text{ рад.}$$

Вопросы для самопроверки

1. Взаимодействие альфа и бэта – излучений с веществом. Закон ослабления пучка бэта-частиц.
2. Основные эффекты взаимодействия нейтронов с веществом.
3. Взаимодействие гамма-излучений с веществом. Закон поглощения пучка гамма лучей.
4. Чем определяется проникающая способность электромагнитных и корпускулярных излучений?
5. Какие материалы используют для защиты от нейтронов и почему?
6. Назовите типы радиоактивных превращений и дайте их характеристику.
7. Что называется слоем половинного ослабления?
8. На чем основаны методы обнаружения и регистрации ядерных излучений?
9. Что такое доза, мощность дозы, единицы их измерения?
10. Сущность коэффициента ОБЭ.
11. Характеристика методов радиометрии и дозиметрии.
12. Опишите порядок определения дозы облучения, мощности дозы с помощью радиометрических и дозиметрических приборов.

Раздел 3. Токсикология радиоактивных веществ

Тяжесть повреждения живого организма зависит от пути поступления радионуклидов, характера распределения, накопления и выведения, а также от физиологического состояния животных и их генетической устойчивости. Важное значение имеют формы соединений радиоактивных изотопов, образующиеся в организме и зависящие от физико-химических условий, имеющих в данной биологической среде.

При рассмотрении вопросов, связанных с избирательной способностью некоторых тканей накапливать радионуклиды, необходимо уяснить физическую, химическую и биологическую сущность данных процессов.

Для прогнозирования возможного радиационного поражения при попадании радиоактивных изотопов внутрь организма необходимо знать период полувыведения радионуклидов из организма и факторы влияющие на продолжительность этого процесса; ознакомиться с

радиотоксикологической характеристикой наиболее опасных для биосферы радионуклидов (стронция -90, цезия – 137, йода – 131 и др.).

Основные формулы

- Эффективный период полувыведения можно определить по формуле

$$T_{\text{эфф}} = T_{\text{физ}} T_{\text{биол}} / T_{\text{физ}} + T_{\text{биол}},$$

где $T_{\text{физ}}$ - период полураспада; $T_{\text{биол}}$ – период полувыведения.

- Для оценки скорости накопления используют понятие *кратность накопления F*

$$F = Cm/\hat{g},$$

где C – удельная активность радионуклидов в органах и тканях, Бк/кг; m - масса органа или ткани, кг; \hat{g} – активность радионуклида, ежесуточно поступающего в организм, Бк.

Вопросы для самопроверки

1. Цели и задачи токсикологии.
2. Классификация радиоактивных веществ по их радиотоксичности.
3. Основные факторы, обуславливающие токсичность радионуклидов.
4. Токсикологическая характеристика наиболее опасных радионуклидов
5. Накопление радионуклидов в органах и тканях. Какой орган может быть назван критическим по отношению к радиоактивным изотопам?
6. Пути поступления и распределение радионуклидов в организме животных.
7. Пути выведения радионуклидов из организма, способы и средства их выведения.
8. Факторы, влияющие на продолжительность биологического и эффективного периода полувыведения.
9. Факторы, влияющие на распределение и накопление радиоактивных веществ в организме животного.

Раздел 4. Основы радиоэкологии

Радиационная экология – раздел радиобиологии, изучающий особенности существования организмов в среде с повышенной

радиоактивностью, распределение и миграцию нуклидов в экосистемах.

Изучая тему, необходимо сформировать четкое представление о задачах радиоэкологии, источниках поступления радиоактивных веществ в окружающую среду и их миграции по сельскохозяйственным цепочкам: почва – растения – животные – продукция животноводства, а также закономерности метаболизма радионуклидов в организме животных.

Вопросы для самопроверки

1. Цели и задачи радиоэкологии.
2. Нормативные документы, определяющие нормирование радионуклидов в продуктах животноводства и кормах.
3. Естественные и искусственные источники ионизирующих излучений и пути их поступления во внешнюю среду.
4. Миграция радионуклидов по сельскохозяйственным цепочкам.
5. Каковы основные закономерности поступления радионуклидов в молоко, яйцо и другую продукцию животноводства.

Раздел 5. Биологическое действие ионизирующих излучений

При изучении этой темы необходимо рассмотреть теории, представляющие современные взгляды на биологическое действие ионизирующих излучений на молекулярном и клеточном уровнях. Изучить прямое и не прямое (опосредственное) действие ионизирующих излучений, структурно-метаболическую теорию первичную реакцию живой клетки на излучение, ионизацию и возбуждение атомов, образование свободных радикалов, перекисных соединений. Ознакомиться с правилом Бергонье и Трибодно и исключениями из этого правила.

Разобраться в системе зависимости биологического действия излучений от дозы и ее мощности облучения, плотности ионизации, облучаемой поверхности, физиологического состояния организма и других условий облучения, а также в проблеме действия малых доз ионизирующих излучений

Знать теоретические положения о действии ионизирующего излучения на живые организмы, разобраться в биофизических и биохимических процессах, происходящих в организме при действии различных доз ионизирующего излучения.

Сформировать представления о радиочувствительности и радиорезистентности показать ее зависимость от вида животных, возраста, физического состояния организма в момент облучения, а также от условий внешней среды (температура, кислородный режим, уровень кормления).

Вопросы для самопроверки

1. В чем суть теорий, объясняющих прямое действие радиации на биологические объекты?
2. Какова характеристика температурного и кислородного эффектов?
3. Правило Бергонье и Трибодно и исключения из него.
4. В чем проявляется не прямое (косвенное) действие радиации на живую клетку?
5. Как характеризуются опосредованные пути воздействия ионизирующего излучения на организм?
6. Что является основной причиной изменений, возникающих в организме при действии ионизирующего излучения?
7. Объясните влияние состояния животного и внешних факторов на радиочувствительность и радиорезистентность.
8. Какие ткани и клетки живого организма наиболее чувствительны к ионизирующим излучениям и с чем это связано?

Раздел 6 . Лучевые поражения

Лучевые поражения животных определяются дозой облучения и степенью радиочувствительности тканей и включают в себя лучевую болезнь, лучевые ожоги и отдаленные последствия. Одна из особенностей развития лучевых поражений - многообразие патогенеза.

Необходимо познакомиться с формами лучевой болезни, лучевыми ожогами и соматическими и генетическими последствиями.

Изучить клинические признаки острой и хронической форм лучевой болезни, патогенез, патологоанатомические изменения в зависимости от периодов и степени тяжести, а также прогноз, профилактику и лечение острой и хронической лучевой болезни. Отметить, какие клетки и ткани наиболее радиочувствительны. Особенности течения лучевой болезни у различных видов сельскохозяйственных животных. Действие ионизирующего излучения на зародыш, эмбрион и плод.

Сформировать представление о клинических признаках лучевых ожогов, их течении и исходах. Отличительные признаки лучевых

ожогов от термических и химических. Профилактика и лечение при лучевых ожогах.

Диагностику и прогнозирование развития лучевой болезни и лучевых ожогов необходимо тесно увязать с внешними проявлениями лучевых поражений, морфологическими изменениями в организме, данными радиометрии.

Изучить: генетические эффекты, радиационный мутагенез, возможные последствия мутаций в соматических клетках (лейкозы, рак, нарушение иммуногенеза и др.), зависимость генетического эффекта от величины дозы излучения и распределения ее во времени.

Необходимо обратить внимание, что на развитие лучевых поражений оказывают влияние не только доза облучения, но и вид излучения, условия облучения, лучевая болезнь может развиваться как на основе прямого радиационного поражения клеток и тканей, так и вследствие различных реакций, передающихся через систему и гуморальные факторы.

При изучении особенностей развития лучевой болезни, вызванной попаданием радионуклидов внутрь организма, нужно вспомнить радиотоксичность радионуклидов, пути распространения в организме, возможность накопления и выведения из организма.

При изучении возможности лечения лучевых поражений обратить внимание на экономическую целесообразность лечения, применения фармакологических средств одновременно с улучшением условий содержания и кормления, применение защитных средств для профилактики лучевых поражений.

Вопросы для самопроверки

1. Дайте классификацию лучевых поражений.
2. Назовите периоды течения острой лучевой болезни животных.
3. Чем отличается течение острой лучевой болезни от течения хронической формой лучевой болезни?
4. Каковы особенности течения лучевой болезни у животных различных видов?
5. На основании каких данных ставят диагноз на лучевую болезнь?
6. Прогноз при лучевых поражениях (комбинированных лучевых поражениях).
7. Лучевые ожоги кожных покровов.
8. В чем сущность комплексного лечения сельскохозяйственных животных при лучевых поражениях?
9. Отдаленные последствия лучевых поражений.
10. Генетические эффекты.

11. Назовите мероприятия, направленные на лечение комбинированных лучевых поражений.

12. В чем сущность механизма действия радиопротекторов?

Раздел 7. Радиационная экспертиза и ветеринарно-экологический мониторинг объектов ветеринарно-санитарного надзора

Объекты ветнадзора – животные, продукция и сырье животного происхождения (молоко, мясо, яйцо, рыба, мед и др.), а также продукты их переработки; корма и кормовые добавки растительного, животного, минерального происхождения; вода открытых водоемов, других источников, используемых для поения животных, выращивания рыб и нерыбных объектов промысла.

Знакомство с темой начать с изучения целей и задач ветеринарной радиохимической экспертизы в обычных условиях и в условиях радиационного загрязнения местности, Положения о радиологическом отделе ветеринарной лаборатории и программы ее работы, объектов исследования, правил отбора и пересылки проб.

Сформировать представление о системе и методах радиационного контроля. Ознакомиться с радиометрическими, радиохимическим и спектрометрическим методами. Подробно рассмотреть экспрессные методы определения суммарной бета-активности, принципы радиохимического анализа при определении активности объектов ветнадзора по содержанию стронция -90; цезия -137. радиометрии тела животного, оценке данных радиометрического контроля.

Обратить внимание на особенности определения радиометрических показаний животных в различных условиях с помощью необходимых приборов. Изучить последовательность этапов радиационной экспертизы и порядок подготовки проб для проведения радиометрического и радиохимического анализа.

Познакомиться с нормативными документами – государственными (ГОСТ), методическими указаниями (МУ), ветеринарными правилами и нормами (ВетПиН) и санитарными правилами и нормами (СанПиН), устанавливающими нормы, правила, методы, в том числе по отбору, упаковке, доставке и хранению проб.

Вопросы для самопроверки

1. Каковы основные цели и задачи радиационной экспертизы?
2. Какая система радиационного контроля объектов ветеринарного

надзора используется при глобальных выпадениях радиоактивных веществ?

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

4. Перечислить этапы выполнения радиационной экспертизы.

5. Правила отбора и обработки проб кормов и продуктов животноводства для радиационной экспертизы.

5. Что понимается под удельной суммарной бета-активностью?

6. Какова роль носителя при радиохимическом анализе?

Раздел 8. Использование радиоактивных изотопов и ионизирующей радиации в животноводстве и ветеринарии

Применение современных достижений ядерной физики в животноводстве и ветеринарии развивается в следующих направлениях: радионуклиды применяют как индикаторы (меченые атомы) в исследовательских работах в области физиологии и биохимии, а также в разработке методов диагностики и лечения животных; ионизирующие излучения используют как процесс радиационно-биологической технологии (РБТ).

При изучении данного раздела необходимо обратить внимание на то, что радиоактивные изотопы могут быть использованы в сельском хозяйстве в нескольких направлениях.

Первое: в научно-исследовательских целях для изучения обмена веществ у животных, функционального состояния органов и систем организма, фармакадинамики лекарственных веществ.

Второе: в целях улучшения качества и повышения количества сельскохозяйственной продукции, стимуляции роста, ускорения развития и повышения продуктивности животных, изменения наследственных признаков, повышения иммунитета и т.д.

Третье: при стерилизации животноводческих отходов, перевязочных средств, кожевенного сырья, шерсти, тары, навоза, инструментов, биопрепаратов; уничтожения вредных насекомых; консервировании и стерилизации кормов и продуктов животного происхождения.

Рассмотреть перспективы использования биологического действия ионизирующих излучений с целью стимуляции роста, развития и продуктивности животных, изменения наследственных свойств организма; в диагностике болезней, терапии, биологической промышленности и других отраслях народного хозяйства.

Обратить внимание на применение радиоиндикационного, радиоиммунологического, радио-изотопного методов и метода авто-радиографии в токсикологии, патофизиологии, терапии, хирургии, паразитологии, в частности для ранней диагностики стельности коров, определения функции щитовидной, поджелудочной желез, гипофиза, надпочечников и др.

Вопросы для самопроверки

1. Назовите современные методы исследования в радиобиологии.
2. Основные принципы радиоиммунологического анализа и перспективы его применения в животноводстве и ветеринарии.
3. При каких патологических процессах целесообразно применение радионуклидов, радиоактивных излучений в лечебных целях?
4. На каких радиобиологических эффектах основано применение ионизирующих излучений в радиационной биотехнологии?
5. В чем сущность бактерицидного действия радиации и ее применение в сельском хозяйстве?

Раздел 9. Прогнозирование и нормирование поступления радионуклидов в организм животных и продукты животноводства.

Знакомство с организацией ведения животноводства на загрязненных территориях нужно начать с изучения постановки прогноза содержания радиоактивных веществ в получаемой продукции, поскольку он позволяет разработать мероприятия или своевременно перепрофилировать производства для получения продукции с наименьшим содержанием радионуклидов.

Для прогноза накопления радиоизотопов в продуктах животноводства необходимо уметь прогнозировать их содержание в кормах. Однако следует отметить, что любой прогноз поступления радионуклидов в биологические цепи следует оценивать, как ориентировочный, в связи с тем, что радиационная обстановка меняется в зависимости от экологических и физиологических факторов.

Важно знать принципы нормирования поступления радионуклидов в организм сельскохозяйственных животных, режим питания и содержания животных в разные периоды радиоактивного загрязнения территорий, нормативные документы, определяющие нормирование радиоактивных изотопов в продукции животноводства и кормах,

способы снижающие поступление радиоактивных изотопов в продукцию животноводства; использование веществ, ускоряющих выведение радиоактивных веществ из организма животных с целью снижения содержания их в получаемой продукции.

Ознакомиться с технологическими приемами переработки загрязненной радионуклидами продукции животноводства.

Основные формулы

- Прогноз содержания радионуклидов в продуктах животноводства ($A_{\text{прод}}$) рассчитывают по формуле (Бк/кг)

$$A_{\text{прод}} = A_{\text{рац}} K/100 \text{ (Бк/кг)},$$

где $A_{\text{рац}}$ - активность радионуклидов суточного рациона, Бк; K – коэффициент перехода радионуклидов из рациона в 1 л (кг) продукции.

* Среднюю допустимую концентрацию радионуклида СДК в продукте определяют из соотношения

$$\text{СДК} = \text{ПДП} \cdot \text{С} \cdot \text{m},$$

где: С – доля радионуклида, вносимая с продуктом в рацион человека, %; ПДП – предел допустимого поступления радионуклида в рацион человека Бк/рацион; m – масса продукта в рационе, кг.

Необходимо учесть суточное потребление молока и мяса населением 0,5 и 0,2 кг.

Доля поступления с молоком Sr^{90} и Cs^{137} составляет 25,5 и 21%, а с мясом – 5 и 23% соответственно.

* Зная СДК радионуклидов в продуктах животноводства можно определить предел допустимого содержания радионуклида ПДС в рационе коров, Бк

$$\text{ПДС} = \text{СДК}100/\text{K}$$

Пример решения задач

Задача 1. Определить среднюю допустимую концентрацию Cs^{137} в молоке СДК и предел допустимого содержания этого радионуклида в рационе коров ПДС, если учесть, что человек потребляет 0,5 л молока в день; ПДК радиоактивного цезия в молоке – 50 Бк/л; доля радиоактивного цезия, вносимая с продуктом в рацион человека –

21%; коэффициент перехода радионуклидов К из рациона в 1 л молока – 0,62%.

Решение.

Учитывая, что суточное потребление молока населением 0,5 л и зная, что ПДК радиоактивного цезия в молоке = 50 Бк/л (СанПиН 2.3.2.1078 – 01).

можно определить ПДП = $0,5 \cdot 50 = 0,25$, Бк/л

$C = 21\%$

$m = 0,5$ л

$СДК = ПДП \cdot C \cdot m = 0,25 \cdot 21 \cdot 0,5 = 2,6$, Бк/л

$ПДС = СДК \cdot 100 / К = 2,6 \cdot 100 : 0,62 = 419$, Бк.

Вопросы для самопроверки

1. Как прогнозировать накопление радионуклидов в кормах, выращенных на загрязненных радионуклидами территориях?
2. Как прогнозировать накопление радионуклидов в молоке и мясе?
3. Что можно сделать для снижения накопления радиоактивных веществ в кормах?
4. Каковы принципы нормирования поступления радионуклидов в организм животных?
5. Как организовать ведение животноводства на загрязненной радионуклидами территории?
6. Какими методами можно добиться снижения содержания радионуклидов в организме животных?
7. Назовите технологические приемы переработки продуктов животноводства, загрязненных радиоактивными веществами.

Раздел 10 . Основы радиационной безопасности и организации работы с радиоактивными веществами

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

Цель изучения данного раздела:

- изучить основные регламентирующие документы, действующие в России («Нормы радиационной безопасности» - НРБ-99, «Основные

санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» - ОСПОРБ -99 и др.).

- ознакомиться с техникой радиационной безопасности, способами защиты, мерами личной гигиены при работе с источниками ионизирующих излучений; основными принципами защиты от внешнего и внутреннего облучения при работе с радиоактивными веществами: расстояние, время, экранирование, разведение, дезактивация, средствами защиты и защитными материалами. Допустимые нормы загрязнения рабочих мест, спецодежды, рук и пр.

Знать три основных принципа радиационной безопасности (нормирования, обоснования, оптимизации); категории облучаемых лиц и основные пределы доз для них (эффективная доза, годовая эквивалентная (эффективная), коллективная эффективная);

Познакомиться с открытыми и закрытыми радиоактивными источниками; устройством, оборудованием и организацией работы ветеринарных радиологических лабораторий (отделов); получением, учетом, хранением и перевозкой радиоактивных веществ и других источников ионизирующих излучений; допустимыми нормами загрязнения рабочих мест, спецодежды, рук и т.д.

Особое внимание необходимо обратить на правильную организацию рабочего места, эксплуатацию оборудования с различными излучающими приборами, порядок применения индивидуальных средств защиты, режим работы, порядок проведения дезактивации и утилизации радиоактивных отходов, мероприятия при аварийных ситуациях

Вопросы для самопроверки

1. Основные регламентирующие документы радиационного воздействия в России.
2. Основные принципы радиационной безопасности, установленные НРБ-99.
3. Основные пределы доз. Назвать ПД для различных категорий облучаемых лиц.
4. Требования, предъявляемые к устройству и оборудованию радиологических лабораторий.
5. Работа с закрытыми и открытыми источниками излучения.
6. Методы защиты от ионизирующих излучений.
7. Меры индивидуальной защиты и личной гигиены при работе в радиологической лаборатории.

Методические указания по выполнению контрольной работы

В соответствии с учебным планом выполняется контрольная работа по варианту, номер которого совпадает с двумя последними цифрами учебного шифра студента.

Правила оформления контрольной работы

В работе должны быть пронумерованы страницы, оставлены поля для замечаний рецензента. Перед каждым ответом необходимо записать вопрос, указав его номер. На титульном листе указывают название предмета, номер шифра зачетной книжки студента и вариант работы, фамилию, имя, отчество исполнителя. В конце работы приводится список использованной литературы. Контрольная работа печатается на компьютере на одной стороне белой бумаги формата А4.

-Рекомендуемый объем контрольной работы 12 - 20 страниц.

-При оформлении работы на компьютере используются следующие параметры: шрифт -14, межстрочный интервал-полупуторный, абзацный отступ-1,25 мм., поля: левое-30 мм, правое-20мм, верхнее-20мм, нижнее-20мм.

-Расстояние между заголовками и последующим текстом должно быть два интервала.

-Заголовки работы располагаются в середине строки без точки в конце и печатаются прописными буквами, выделяются полужирным шрифтом. Заголовки содержания должны точно повторять заголовки в тексте.

-Страницы работы нумеруются арабскими цифрами. Первой страницей является титульный лист, второй- содержание, но на них не ставится нумерация. Номер страницы начинают проставлять с третьей страницы « Введение». Нумерация страниц должна быть сквозной и проставляться в правом верхнем углу.

-Каждый раздел следует начинать с новой страницы.

Контрольная работа включает в себя следующие основные элементы:

- титульный лист;
- содержание с указанием вопросов и страниц;

- основной текст;
- приложение (если есть схемы, таблицы и т.д.);
- список использованной литературы (в алфавитном порядке).

Все цифровые материалы должны иметь ссылку на источник.

Задание состоит из вопросов, которые указаны в таблице 3 согласно варианту. Номер варианта совпадает с предпоследней и последней цифрами установленного студенту шифра. Например, если у студента шифр 34, он должен ответить на следующие вопросы: 4; 24; 44; 64.

Таблица 3. Варианты контрольной работы

Последняя цифра зач. книжки	Последние две цифры зачетной книжки: 01-19, 30-39, 50-59, 70-79, 90-99			
	Номера вопросов			
1	1	21	41	61
2	2	22	42	62
3	3	23	43	63
4	4	24	44	64
5	5	25	45	65
6	6	25	46	66
7	7	27	47	67
8	8	28	48	68
9	9	29	49	69
0	10	30	50	70

Продолжение таблицы 3

Последняя цифра зач. книжки	Последние две цифры зачетной книжки: 20-29, 40-49, 60-69, 80-89, 100-109			
	Номера вопросов			
1	11	31	51	71
2	12	32	52	72
3	13	33	53	73
4	14	34	54	74
5	15	35	55	75
6	16	36	56	76
7	17	37	57	77
8	18	38	58	78
9	19	39	59	79

0	20	40	60	80
---	----	----	----	----

Вопросы и задачи для контрольной работы

1. Радиология и радиобиология. Значение достижений и перспективы развития ядерной физики. Задачи. Краткая история возникновения и развития науки.

2. Содержание и задачи курса ветеринарной радиобиологии, связь с другими дисциплинами, значение в подготовке специалистов сельского хозяйства.

3. Строение атома и физическая характеристика элементарных частиц, входящих в его состав.

4. Явление изотопии. Стабильные и нестабильные изотопы. Изомеры, изобары, изогоны.

5. Процессы, связанные с перемещением электрона в атоме: ионизация, излучение, возбуждение и рекомбинация.

6. Явление радиоактивности. Естественная и искусственная радиоактивность. Единицы измерения радиоактивности.

7. Электромагнитные и корпускулярные ионизирующие излучения. Происхождение ядерных излучений и их физические свойства.

8. Закон радиоактивного распада и его использование в радиологии. Единицы измерения радиоактивности.

9. Принципы и методы дозиметрии и радиометрии.

10. Дозы излучения, мощность дозы. Единицы измерения. Сущность коэффициента ОБЭ.

11. Взаимодействие альфа и бэта – излучений с веществом. Закон ослабления пучка бэта-частиц.

12. Основные эффекты взаимодействия нейтронов с веществом.

13. Взаимодействие гамма-излучений с веществом. Закон поглощения пучка гамма-лучей. Слой половинного ослабления.

14. Типы радиоактивных превращений. Их характеристика.

15. Методы обнаружения и регистрации ядерных излучений.

16. Токсикологическая характеристика наиболее опасных для биосферы радиоактивных изотопов.

17. Радиометрическая и радиохимическая экспертиза объектов ветеринарного надзора.

18. Радиэкология. Цели и задачи. Источники радиоактивного загрязнения окружающей среды.

19. Значение естественной радиоактивности и малых доз ионизирующих излучений в биологических процессах.

20. Нормативные документы, определяющие ПДК радионуклидов в продуктах животноводства и кормах.

21. Возможные пути поступления радионуклидов в организм животного. Распределение и накопление радиоактивных веществ в организме животного.

22. Радиотоксичность веществ. Понятие: критический орган.

23. Выведение радионуклидов из организма животных, способы и средства их выведения. Эффективный период полувыведения.

24. Современные представления механизма биологического действия ионизирующих излучений на молекулярном и клеточном уровнях.

25. Теории, объясняющие прямое и косвенное действие радиации на биологические объекты. Характеристика температурного и кислородного эффектов. Правило Бергонье и Трибодно и исключения из него.

26. Опосредованные пути воздействия ионизирующего излучения на организм.

27. Основные причины изменений, возникающих в организме животного при действии на него ионизирующего излучения.

28. Факторы, влияющие на выраженность биологического действия ионизирующих излучений.

29. Радиочувствительность клетки, тканей, органов, организма. Влияние состояния животного и внешних факторов на радиочувствительность и радиорезистентность

30. Общие сведения о лучевых поражениях.

31. Лучевая болезнь и ее формы. Диагностика лучевой болезни.

32. Профилактика лучевой болезни. Лечение и содержание заболевших животных. Радиопротекторы.

33. Сущность комплексного лечения сельскохозяйственных животных при лучевых поражениях. Комбинированные лучевые поражения.

34. Лучевые ожоги кожных покровов. Лечение и содержание пораженных животных.

35. Отдаленные последствия облучения.

36. Генетическое действие ионизирующих излучений.

37. Действие ионизирующих излучений на систему гемопоэза.

38. Действие ионизирующих излучений на репродуктивную систему, на эмбрион и плод.

39. Влияние ионизирующих излучений на нервную систему и органы чувств животных.

40. Влияние ионизирующих излучений на кожу и соединительную ткань животных.

41. Влияние ионизирующих излучений на эндокринные железы.

42. Влияние ионизирующих излучений на органы пищеварения животных.

43. Влияние ионизирующих излучений на сердечно-сосудистую систему животных.

44. Влияние ионизирующих излучений на органы дыхания животных.

45. Влияние ионизирующих излучений на органы выделения животных.

46. Влияние ионизирующих излучений на кости, хрящи, мышцы животных.

47. Влияние ионизирующих излучений на иммунологическую реактивность животных.

48. Радиационная экспертиза объектов ветеринарного надзора. Цели и задачи.

49. Система радиационного контроля объектов ветеринарного надзора при глобальных выпадениях радиоактивных веществ.

50. Правила отбора и обработки проб кормов и продуктов животноводства для радиационной экспертизы.

51. Радиометрическая экспертиза объектов ветеринарного надзора. Методы прижизненного определения радионуклидов в организме животных.

52. Радиохимический и спектрометрический методы радиационного контроля. Роль носителя при радиохимическом анализе.

53. Применение радиоизотопного и радиоиммунологического методов исследования в животноводстве и ветеринарии.

54. Применение радионуклидов и радиоактивных излучений для диагностики болезней и лечения животных.

55. Методы снижения накопления радиоактивных веществ в кормах и продуктах животноводства.

56. Организация ведения животноводства на загрязненной радионуклидами территории. Прогноз перехода радионуклидов из кормов в продукты животноводства.

57. Технологические приемы переработки продуктов животноводства, загрязненных радиоактивными веществами.

58. Краткий обзор основных регламентирующих документов радиационного воздействия в России.

59. Нормы радиационной безопасности – НРБ-99. Основные принципы радиационной безопасности. Основные пределы доз для различных категорий облучаемых лиц.

60. Требования безопасности, предъявляемые к устройству и оборудованию радиологических лабораторий. Методы защиты при работе с открытыми и закрытыми источниками излучения.

61. Постоянная распада λ рубидия Rb^{89} равна $0,00077 \text{ c}^{-1}$. Определить его период полураспада $T_{1/2}$.

62. Период полураспада $T_{1/2}$ радиоизотопа равен 1 ч. Определить среднюю продолжительность жизни τ этого нуклида.

63. Определить число N атомов, распадающихся в радиоактивном изотопе за время $t = 10$ с, если его активность $A = 0,1$ МБк. Считать активность постоянной в течение указанного времени.

64. Выразить активность радиоизотопа Co^{60} в мКи, если известно, что его гамма-эквивалент $M = 10$ мг-экв.радия, гамма-постоянная $K_\gamma = 13,5$ Р/ч.

65. Активность углерода-14 на 1 января 2002 г. составляла 10 мКи. $T_{1/2} = 55,68$ года. Определить его активность на 1 января 2012 г.

66. Какую поглощенную дозу D_n получит мышечная ткань теленка при однократном поступлении цезия-137 начальной концентрацией $C = 2$ мКи/г; плотность ткани $\rho = 3,5$ г/см³, геометрический фактор $q = 1$; эффективный период полувыведения $T_{эфф} = 70$ суток; гамма-постоянная цезия-137 $= 3,55$ р/ч.

67. Активность цезия -137 в суточном рационе коровы $A_{рац} = 8064$ Бк. Коэффициент перехода радиоизотопа из рациона в 1 л молока, $K = 0,62\%$. ПДК цезия-137 в молоке – 50 Бк/л. Рассчитать прогноз содержания радиоактивного цезия (A) в 1 л молока и сделать вывод о безопасности продукта для человека.

68. Рассчитать прогноз безопасного содержания стронция -90 в рационе коров для получения молока, соответствующего санитарным нормам. ПДК стронция-90 в молоке – 25 Бк/л. Коэффициент перехода радиоизотопа из рациона в 1 л молока $K = 0,14\%$.

69. Определить среднегодовую допустимую концентрацию СДК Cs^{137} в говядине, если учесть, что человек потребляет 0,2 кг мяса в день; ПДК радиоактивного цезия в мясе – 160 Бк/кг; доля радиоактивного цезия, вносимая с продуктом в рацион человека – 23%.

70. Определить среднегодовую допустимую концентрацию СДК стронция-90 в молоке и предел допустимого содержания этого радионуклида в рационе коров, если учесть, что человек потребляет 0,5 л молока в день. ПДК радиоактивного стронция в молоке – 25 Бк/л. Доля радиоактивного стронция, вносимая с продуктом в рацион человека – 25,5%; коэффициент перехода $Sr90$ в молоко – 0,14%.

71. Оценить скорость накопления йода-131 в щитовидной железе кролика массой 4 г, если удельная активность радионуклида в этом органе, $C = 8,5 \cdot 10^4$ Бк/кг; активность радионуклида, ежесуточно поступающего в организм $\dot{g} = 3,7 \times 10^7$ Бк.

72. На рабочем столе находится препарат цезия-137 активностью 0,5 мг-экв.радия. На каком расстоянии можно находиться, работая в течение 6 часов в день с данным источником излучения, учитывая, что предельно допустимая мощность дозы равна 0,1 Р в неделю.

73. Рассчитать эквивалентную поглощенную дозу от смешанного источника излучения, если доза от гамма-излучения составляет 2 рад, от бета-излучения - 1 рад, от альфа-излучения - 3 рад, от быстрых нейтронов - 2 рад.

74. Определить мощность дозы и дозу от точечного источника кобальта-60 активностью 500 мг.экв. радия за 30 минут работы на расстоянии 0,4 м. Гамма-постоянная кобальта-60 -13,5 Р/ч.

75. На рабочем столе находится раствор йода-131 активностью 20 мг-экв. радия на расстоянии 50 см от экспериментатора. Какую дозу он получит за 5 дней работы в течение 4 часов ежедневно.

76. Определить эффективный период полувыведения стронция-90 из костной ткани, если известно, что биологический период полувыведения стронция-90 - 50 дней, а период полураспада 28 лет.

77. Какую поглощенную дозу получит щитовидная железа кролика при однократном введении йода-131 активностью 1 мКи. Масса железы 4г. Гамма-постоянная йода-131 -2,3 Р/ч. Эффективный период полувыведения 7,5 дня. Плотность тканей железы 0,85 г/см³. Геометрический фактор 37,8.

78. Счетчик Гейгера, установленный вблизи препарата радиоактивного изотопа серебра, регистрирует поток β частиц. При первом измерении поток Φ_1 частиц равен 87^{-1} , а по истечении времени $t=1$ сут поток Φ_2 оказался равным 22 с^{-1} . Определить период полураспада $T_{1/2}$ изотопа.

79. Какую мощность экспозиционной дозы создаст точечный источник йода-131 активностью 4 мг.экв. радия на расстоянии 0,5 м?

80. Оценить скорость накопления цезия-137 в 1 кг мышц теленка, если удельная активность радионуклида в этом органе, $C = 2 \cdot 10^4$ Бк/кг; активность радионуклида, ежедневно поступающего в организм $\hat{g} = 3 \times 10^6$ Бк.

Библиографический список

1. Жуковский В. М. Радиоактивность и радиационная безопасность: Общедоступные лекции для студентов, журналистов, чиновников и избранных народа всех уровней: Учебное пособие. - Екатеринбург: Изд-во Урал.ун-та, 2012.- 294 с.
2. Кармазин В.П. Сборник задач по радиационной безопасности и защите от излучений: Учебное пособие / В.П. Кармазин, Ю.И. Колеватов и др. - М.: Форум, 2010. - 64 с.
3. Лысенко Н.П. Радиобиология: учебник / Н.П. Лысенко, В.В. Пак, Л.В. Рогожина, З.Г. Кусурова; под ред. Н.П. Лысенко, В.В. Пака. – СПб.: Лань, 2012.- 576 с.
4. Методические указания по отбору проб пищевой продукции, кормов, кормовых добавок с целью лабораторного контроля их качества и безопасности, утвержденные зам. руков. Федеральной службы по ветеринарному надзору А.А. Власовым 21.05.09.,2009
5. Нормы радиационной безопасности (НРБ-09). М.: Центр сан.-эпидемиол. Нормирования, гигиен. сертификации и экспертизы МинздраваРоссии,2009.–116с.
6. Пивоваров Ю.П. Радиационная экология / Ю. П. Пивоваров, В.П. Михалев. – М. : Изд. центр «Академия», 2004. – 24 с.
7. Усманов С.М. Радиация: Справочные материалы. – М.: Гуманит.изд.центр ВЛАДОС, 2001. – 176.
8. Ярмоненко С.П. Радиобиология человека и животных / С. П. Ярмоненко, А.А. Вайнсон. – М.: Высш. шк., 2004. – 549 с.

Составители :
Мармулева Надежда Ивановна
Овчинникова Любовь Алексеевна
Дзю Елизавета Леонидовна

Ветеринарная радиобиология

методические указания по самостоятельным работам и выполнению контрольных работ

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

Подано в печать «__» _____ 2017 г. Формат 60x84 ¹/₁₆
Объем 1,8 уч.-изд. л., 1,8 усл. печ. л.
Тираж 10 экз. Изд №__ Заказ __

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