

Лабораторная работа № 7. **НОРМИРОВАНИЕ ПОСТУПЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ** **В ОРГАНИЗМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ**

Авария на Чернобыльской АЭС обострила проблему ведения животноводства в условиях радиоактивного загрязнения территории долгоживущими радионуклидами. Ведение животноводства в этих условиях должно быть направлено на получение продукции, соответствующей Республиканским допустимым уровням содержания радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99). Для практического решения поставленной задачи разработаны Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012–2016 годы (Минск, 2012), в основе которых лежат результаты исследований ряда научно-исследовательских институтов Национальной академии наук. Рекомендации являются переработанным и дополненным изданием опубликованных в 1997 и 2003 гг. Руководств по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь.

Задача 1. Расчет содержания ^{137}Cs в суточном рационе животных

Радиоактивные вещества поступают в организм животных тремя путями: через желудочно-кишечный тракт с водой и кормами, органы дыхания с воздухом и кожный покров. Однако потенциальный вклад каждого из названных путей далеко не одинаков. Основным источником поступления радиоактивных и стабильных нуклидов в организм животных является корм (до 97 %), в меньшей степени – вода (около 2 %) и воздух.

При разработке норм содержания радионуклидов в рационах сельскохозяйственных животных и птицы учитываются содержание их в отдельных кормах, входящих в состав суточного рациона, и коэффициенты перехода (K_n) радионуклидов из суточного рациона в продукцию. Содержание радионуклидов в продуктах животноводства рассчитывают по формуле

$$A_{\text{прод}} = \frac{A_{\text{рац}} \cdot K_n}{100},$$

где $A_{\text{прод}}$ – удельная активность радионуклида в продуктах животноводства, Бк/кг (Ки/кг);

$A_{\text{рац}}$ – суточное поступление радионуклида с рационом, Бк/сут (Ки/сут);

$K_{\text{п}}$ – коэффициент перехода (процент перехода) радионуклида из рациона в 1 кг продукции, определяемый эмпирически.

Переход радионуклидов из кормов в продукцию животноводства зависит от свойств радионуклидов, уровня и полноценности кормления животных, их возраста, физиологического состояния, продуктивности и других факторов. У высокопродуктивных животных, например, коэффициент перехода радионуклидов из кормов в организм, как правило, ниже, чем у низкопродуктивных. Существенное влияние на величину коэффициента перехода оказывает сбалансированность рационов кормления животных по основным и особенно минеральным элементам питания. Поскольку ^{137}Cs является химическим аналогом калия, а ^{90}Sr – кальция, вопросам обеспеченности животных этими элементами должно уделяться первостепенное внимание.

Установлено, что из кормов в молоко и мясо ^{137}Cs переходит более интенсивно, чем ^{90}Sr (табл. 10.1).

Таблица 10.1. Коэффициенты перехода радионуклидов из суточного рациона в продукцию животноводства (в % на 1 кг продукции)

Вид продукции	Радионуклиды	
	^{137}Cs	^{90}Sr
Молоко коровье:		
стойловый период	0,5	0,24
пастбищный период	0,8	0,24
Молоко козье	10,0	2,0
Говядина	4,0	0,04
Свинина	25,0	0,10
Баранина	15,0	0,10
Козлятина	20,0	1,5
Мясо кур	450,0	0,20
Яйцо	3,5	3,2

Рациональная кормовая база должна быть организована на основе использования кормов, получаемых с пахотных земель, и сведения к минимуму использования естественных некультуренных пастбищ и сенокосов. При невозможности проведения агрономелиоративных мероприятий на естественных лугах корма с этих угодий должны использоваться для ремонтного молодняка и рабочего скота.

Если загрязненность кормов радионуклидами не превышает пределов, установленных РДУ для кормов, то нет необходимости нормировать содержание радионуклидов в суточном рационе животных. Однако в условиях каждого хозяйства могут быть существенные различия в содержании радионуклидов в кормах (т. е. имеются как «чистые», так и «грязные» корма), поэтому для гарантированного получения чистого молока и мяса устанавливаются пределы допустимого содержания (ПДС) ^{137}Cs и ^{90}Sr в суточном рационе сельскохозяйственных животных. ПДС радионуклидов в рационе определяется из соотношения

$$\text{ПДС} = \frac{\text{РДУ} \cdot 100}{K_{\text{п}}},$$

где РДУ – допустимый уровень содержания радионуклидов в продукте животноводства (согласно РДУ-99), Бк/кг;

$K_{\text{п}}$ – коэффициент перехода радионуклида из суточного рациона в продукцию животноводства (см. табл. 10.1).

В табл. 10.2 приведены значения ПДС, обеспечивающие получение животноводческой продукции в пределах требований РДУ-99.

Таблица 10.2. Предельно допустимое содержание радионуклидов в суточном рационе сельскохозяйственных животных, гарантирующее получение продукции в пределах требований РДУ-99, Бк/сут

Виды животных	^{137}Cs	^{90}Sr
Коровы (молоко): стойловый период	20000	1541
	12500	1541
Козы (молоко)	1000	185
Молодняк КРС	12500	Не нормируется
Свины	720	То же
Овцы	3333	»
Козлятина	2500	»
Куры-бройлеры	40	»

Например, согласно РДУ-99 допустимое содержание ^{137}Cs в молоке составляет 100 Бк/кг, коэффициент перехода ($K_{\text{п}}$) радионуклида в молоко в пастбищный период равен 0,8 (см. табл. 10.1). Тогда

$$A_{\text{рац}} = \frac{A_{\text{прод}} \cdot 100}{K_{\text{п}}} = \frac{100 \cdot 100}{0,8} = 12500 \text{ Бк/сут.}$$

Примерный расчет содержания радионуклидов в суточном рационе коров приведен в табл. 10.3.

Таблица 10.3. Расчет содержания радионуклидов в рационе коров в стойловый период (удой 10 кг молока в сутки)

Наименование кормов	Масса, кг	Содержание ^{137}Cs		Содержание ^{90}Sr	
		Бк/кг	Бк/сут	Бк/кг	Бк/сут
Сено	3	1340	4020	260	780
Солома	2	330	660	185	370
Силос сеяных трав	6	270	1620	50	300
Силос кукурузный	5	250	1250	40	200
Свекла кормовая	10	180	1800	37	370
Концентраты	3	180	540	100	300
Итого ...	—	—	9890	—	2320

Расчет показывает, что в этом случае содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в молоке не будет превышать установленных пределов, так как содержание радионуклидов в суточном рационе не превышает максимально допустимое. Подставив итоговые значения содержания радионуклидов в суточном рационе коров, можно рассчитать содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в молоке: $A(^{137}\text{Cs в молоке}) = 9890 \cdot 0,8 / 100 = 79,1$ Бк/кг, $A(^{90}\text{Sr в молоке}) = 2320 \cdot 0,24 / 100 = 5,6$ Бк/кг.

Если содержание радионуклидов в суточном рационе животных выше допустимого уровня, необходима замена кормов или уменьшение количества наиболее загрязненного корма и увеличение доли чистых кормов. При высокой продуктивности животных повышение питательности рациона при нормировании в нем ^{137}Cs и ^{90}Sr целесообразно производить за счет более чистых и прежде всего концентрированных кормов.

Примерный расчет содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в суточном рационе коров в пастбищный период приведен в табл. 10.4.

Таблица 10.4. Расчет радиоактивности рациона коров в пастбищный период

Виды корма	Масса, кг	Содержание ^{137}Cs		Содержание ^{90}Sr	
		Бк/кг	Бк/сут	Бк/кг	Бк/сут
Трава	55	178	9790	37	2035
Концентраты	3	25	75	111	333
Итого ...	—	—	9865	—	2368

Полученные результаты свидетельствуют о том, что содержание ^{137}Cs в суточном рационе составляет 9865 Бк/сут, что не превышает максимально допустимого значения (12500 Бк/сут). При этом содержание ^{90}Sr (2368 Бк/сут) превышает максимально допустимое значение (1541 Бк/сут), и поэтому данный рацион не позволит получить нормативно чистое молоко.

Выращивание и откорм крупного рогатого скота на загрязненных радионуклидами территориях проводится без ограничений, если содержание ^{137}Cs в суточном рационе не превышает 12500 Бк. Пример расчета содержания ^{137}Cs в рационе крупного рогатого скота на откорме приведен в табл. 10.5.

Если содержание ^{137}Cs в рационе превышает 12500 Бк, то откорм и выращивание крупного рогатого скота до 350–380 кг производится согласно принятым в хозяйстве технологиям без каких-либо ограничений (1-й этап). На заключительном этапе, в течение 2–3 месяцев, требуется обеспечить рацион с суточным содержанием ^{137}Cs ниже ПДС. При этом необходим прижизненный радиометрический контроль животных прибором СРП-68-01 или МКС-01 «Советник».

Таблица 10.5. Расчет рациона по содержанию ^{137}Cs для молодняка крупного рогатого скота массой 350 кг на заключительной стадии откорма

Виды корма	Масса корма, кг	Содержание ^{137}Cs	
		Бк/кг	Бк/сут
Силос кукурузный	20	250	5000
Сено	2	1350	2700
Солома	1	510	510
Зерновые концентраты	1,6	160	256
Отруби	0,3	100	30
Итого...	—	—	8496

Нормирование рациона по содержанию ^{90}Sr крупного рогатого скота на откорме не производится, поскольку переход этого радионуклида ($K_{п}$) в мышечную ткань составляет 0,04 %.

Неопределенность прогноза радиоактивного загрязнения животноводческой продукции в основном связана с неопределенностью прогноза удельного содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в компонентах рациона, а также с соблюдением технологий производства молока и мясной продукции. Вклад физиологических особенностей животных в неопределенность прогноза при промышленном производстве относительно невелик и

учтен в коэффициентах перехода радионуклидов из рациона в молоко и мясо и составляет 10–30 %.

Цель работы: освоить методику нормирования поступления радионуклидов в организм сельскохозяйственных животных.

Материалы и оборудование: гамма-радиометр РКГ-АТ1320 (РКГ-01), пробы кормов, весы лабораторные.

Выполнение работы

1. Подготовьте радиометр к работе.
2. Определите содержание ^{137}Cs в кормах. Результаты измерений занесите в отчет о работе (табл. 10.3–10.5 в зависимости от рациона).
3. Рассчитайте содержание ^{137}Cs в суточном рационе.
4. Сделайте вывод о возможности получения продукции с содержанием ^{137}Cs в пределах требований РДУ-99.
5. Если содержание ^{137}Cs в суточном рационе превышает ПДС, внесите предложения, как обеспечить производство нормативно чистой продукции.

За д а н и е 2. Прижизненная оценка концентрации ^{137}Cs в мышечной ткани крупного рогатого скота

Прижизненная оценка концентрации ^{137}Cs в мышечной ткани крупного рогатого скота производится в хозяйствах перед отправкой животных на мясокомбинат, а также при приемке животных на мясокомбинате. Результаты дозиметрии животных перед отправкой на мясокомбинат – гамма-фон в месте измерения животных и мощность дозы гамма-излучения от животных (в мкЗв/ч или мкР/ч) – указываются в ветеринарном свидетельстве.

Цель работы: освоить методики прижизненного определения концентрации ^{137}Cs в мышечной ткани крупного рогатого скота.

Материалы и оборудование: прибор СРП-68-01 с датчиком, оборудованным защитным свинцовым кожухом с толщиной стенки 10–12 мм (коллиматор), или МКС-01 «Советник», животные (КРС).

Выполнение работы

1. Оснастите детектор защитным свинцовым кожухом и для защиты от загрязнения поместите в полиэтиленовый пакет.
2. Проверьте работу прибора и его чувствительность согласно техническому описанию и паспорту.

3. Определите величину гамма-фона (в мкР/ч) на месте контроля животных.

4. Установите датчик прибора на чистую без навоза поверхность кожного покрова животных в области ягодичных мышц и произведите замер. Продолжительность измерения не менее 20 с.

5. Рассчитайте удельную активность (A) мышечной ткани по формуле

$$A = K(P_{\text{жив}} - 0,6 \cdot P_{\text{ф}}),$$

где K – коэффициент пересчета мощности дозы в удельную активность, равный 222 Бк/кг : мкР/ч;

$P_{\text{ф}}$ – величина гамма-фона, мкР/ч;

$P_{\text{жив}}$ – мощность дозы гамма-излучения от животного, мкР/ч.

6. Сравните полученный результат с РДУ и сделайте соответствующий вывод о концентрации ^{137}Cs в мышечной ткани крупного рогатого скота.

7. Сопоставьте полученный результат с нормативными параметрами прижизненного определения загрязнения ^{137}Cs мышечной ткани КРС (табл. 10.6).

Таблица 10.6. Нормативные параметры прижизненного определения загрязнения ^{137}Cs мышечной ткани КРС, мкР/ч

Гамма-фон в месте измерения животных	Допустимая мощность дозы гамма-излучения от животных для производства мяса в пределах требований РДУ-99
Для мясокомбинатов и убойных пунктов	
3	4
4	5
5	5
Для хозяйств	
4	5
5	5
6	6
7	6
8	7
9	8
10	8
11	9
12	10
13	10
14	11
15	11