

УДК 591.5:636.03

К ВОПРОСУ УСТАНОВЛЕНИЯ МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМОГО УРОВНЯ ПОСТУПЛЕНИЯ ^{137}Cs И ^{90}Sr С РАЦИОНОМ В ОРГАНИЗМ ЖВАЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

Епимахов В.Г.

НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ, Обнинск, e-mail: epimakhov.vg@gmail.com

Статья посвящена вопросу получения экологически безопасной животноводческой продукции (молока и мяса) на территориях, загрязненных радионуклидами ^{137}Cs и ^{90}Sr . В настоящее время применяются временные уровни предельно допустимой концентрации радионуклидов в кормах в целях обеспечения содержания радионуклидов в животноводческой продукции ниже установленных санитарно-гигиенических нормативов. Действующие нормативы имеют ряд недостатков и не могут в полной мере гарантировать получение экологически безопасной продукции. Анализ и обобщение доступной научной информации показали, что предельно допустимые концентрации радионуклидов в кормах, установленные в результате экспериментов, строго привязаны к конкретным условиям проведения исследований и не являются унифицированными. Они зависят от структуры рациона кормления, вклада отдельных кормов в общую активность рациона и других факторов. Значительный разброс значений предельно допустимой концентрации радионуклидов в кормах обусловлен большой вариабельностью коэффициента перехода радионуклидов из рациона в продукцию животноводства, который имеет ограниченное применение для нормирования поступления радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr с кормами в организм сельскохозяйственных животных. Другие подходы к определению допустимого уровня радионуклидов в кормах являются предметом обсуждений, а методы и критерии оценки остаются недостаточно разработанными. В данной статье рассматривается альтернативное предложение о применении максимально допустимого уровня поступления радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr с рационом в организм жвачных животных. Уровень должен определяться в зависимости от вида животного, возраста, направления хозяйственного использования, а также от применяемых технологий кормления и содержания. Описываются преимущества данного подхода. Применение максимально допустимого уровня суточного поступления радионуклидов в организм жвачных животных с учетом влияния факторов внешней и внутренней среды позволит использовать кормовую базу в хозяйствах дифференцированно, снизить поступление радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в животноводческую продукцию и будет служить гарантией нормативной чистоты продукции животноводства.

Ключевые слова: радионуклиды, коэффициент перехода, корма, рацион кормления, сельскохозяйственные животные, максимально допустимый уровень

ON THE ISSUE OF ESTABLISHING THE MAXIMUM PERMISSIBLE LEVEL OF INTAKE OF ^{137}Cs AND ^{90}Sr INTO THE BODY OF RUMINANTS

Epimakhov V.G.

NRC «Kurchatov Institute» – RIRAE, Obninsk, e-mail: epimakhov.vg@gmail.com

The article is devoted to the issue of obtaining environmentally safe livestock products (milk and meat) in areas contaminated with ^{137}Cs and ^{90}Sr radionuclides. Currently, temporary levels of maximum permissible concentrations of radionuclides in feed are used, which are aimed at ensuring the content of radionuclides in livestock products below the established sanitary and hygienic standards. The current standards have a number of shortcomings and cannot fully guarantee the production of environmentally safe products. Analysis and generalization of available scientific information showed that the maximum permissible concentrations of radionuclides in feed, established as a result of experiments, are strictly tied to specific research conditions and are not unified. They depend on the structure of the feeding ration, the contribution of individual feeds to the overall activity of the ration and other factors. The significant spread of maximum permissible concentrations of radionuclides in feed is due to the high variability of the coefficient of radionuclide transfer from the diet to livestock products, which has limited application for regulating the intake of ^{137}Cs and ^{90}Sr radionuclides with feed by farm animals. Other approaches to determining the permissible level of radionuclides in feed are the subject of discussion, and the methods and criteria for assessment remain insufficiently developed. This article considers an alternative proposal for the application of the maximum permissible level of ^{137}Cs and ^{90}Sr radionuclides with the diet by ruminants. The level should be determined depending on the animal species, age, direction of economic use, as well as the feeding and housing technologies used. The advantages of this approach are described. The use of the maximum permissible level of daily intake of radionuclides into the body of ruminants, taking into account the influence of external and internal environmental factors, will allow for the differentiated use of the feed base in farms, reduce the intake of ^{137}Cs and ^{90}Sr radionuclides into livestock products and serve as a guarantee of the standard purity of livestock products.

Keywords: radionuclides, transfer coefficient, feed, feeding ration, animals, maximum permissible level

Введение

Вопрос о необходимости ограничения поступления радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr с кормами в организм сельскохозяйственных животных возник в 1957 году сразу

после аварии на производственном объединении «Маяк», которая привела к выбросу радионуклидов (РН) в окружающую среду. После аварии на Чернобыльской АЭС, в результате которой количество продуктов

ядерного деления превысило допустимые нормы в продуктах животноводства (молоке и мясе), эта проблема стала еще более актуальной [1-3]. В этот период ведущими учеными страны были выработаны фундаментальные принципы, определяющие нормы содержания радионуклидов в звеньях трофической цепи сельскохозяйственных животных при радиоактивном загрязнении окружающей среды [4, с. 178].

На сегодняшний день для обеспечения уровня содержания радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в животноводческой продукции ниже установленных санитарно-гигиенических нормативов используется предельно допустимая концентрация (ПДК) радионуклидов в кормах [5-7].

Цель исследования заключается в предложении применения максимально допустимого уровня суточного поступления радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в организм жвачных животных в зависимости от вида, возрастной группы, технологии содержания и кормления, что должно гарантировать получение экологически безопасной животноводческой продукции (молока и мяса).

Материалы и методы исследований

Анализ и обобщение доступной научной информации позволяют сделать вывод о том, что исследования в данной области сосредоточены преимущественно на изучении процессов хронического поступления радионуклидов (РН) с пищей в организм животных, а также на определении уровней загрязнения мяса, молока и других продуктов животноводства. Есть информация о попытках установить в кормах предельные концентрации РН, которые вызывают физиологические, морфологические и другие изменения в организме животных [8, 9, 10]. Однако сопоставление данных демонстрирует значительные различия, что затрудняет их анализ и обобщение. Это обусловлено тем, что реакция организма на поступление ^{137}Cs и ^{90}Sr с рационом зависит от множества факторов внешней и внутренней среды. Особую сложность представляет оценка перехода РН низкой концентрации в животноводческую продукцию при длительном их поступлении с кормами. В этом случае необходимо учитывать накопление радионуклидов в организме животных.

Большинство ученых указывают на необходимость исследования процессов поступления и распределения РН в организме животных в контексте оптимизации системы кормопроизводства. Запрос на решение этой проблемы становится все более актуальным, поскольку получение экологически чистой продукции животноводства и обе-

спечение безусловного здоровья населения требуют научно обоснованных методов нормирования поступления радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в организм животных.

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящее время при содержании крупного рогатого скота и овец на территориях, загрязненных радионуклидами, прогноз поступления ^{137}Cs и ^{90}Sr в животноводческую продукцию осуществляется, в основном, с применением коэффициента перехода (КП), значения которого определяются величиной отношения концентрации РН в молоке и мясе к содержанию радионуклидов в районе.

Результаты доступных научных исследований изучения превышения нормативов в продукции животноводства при скормлении кормов с различной концентрацией ^{137}Cs и ^{90}Sr выявили значительный разброс значений КП. Большая вариабельность данного показателя имеет в основе ряд причин:

- КП является одной из множества характеристик, присущих данному конкретному исследованию или эксперименту. Применение значения его величины в других расчетах недопустимо;

- при оценке средней величины КП по совокупности данных, полученных в различных экспериментах, необходимы тщательный сравнительный анализ условий проведения исследований и знание методов вычисления коэффициента перехода;

- значительный разброс коэффициента перехода отражает многофакторный характер формирования множества расчетных значений КП. Без знания и учета данных факторов коэффициент перехода имеет достаточно ограниченное применение для прогнозирования перехода в продукцию животноводства и нормирования поступления радионуклидов с кормами в организм сельскохозяйственных животных.

Оценка предельно допустимой концентрации радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в кормах, выполненная на основе значений КП и допустимого уровня содержания радионуклидов в молоке и мясе, так же как и коэффициент перехода, является одной из характеристик проведенного эксперимента и на практике также может использоваться некорректно. Значения ПДК строго привязаны к конкретным условиям проведения исследования и не являются унифицированными, зависят от структуры рациона кормления, вклада отдельных кормов в общую активность рациона и других факторов [11, с. 159].

Из-за большого количества кормовых продуктов, которые могут быть включе-

ны в состав рационов кормления животных, применяются другие подходы расчета предельно допустимой концентрации РН в кормах.

– ПДК рассчитывают исходя из предположения, что животное питается только одним видом корма [12, с. 248], с использованием показателя максимальной поедаемости данного корма. Однако это считается неприемлемым.

– Предлагается определять нормы ПДК радионуклидов в кормах, основываясь на сложившейся зоотехнической практике нормирования микроэлементов в кормах на 1 кг сухого вещества корма [11, с. 487]. Считается, что ^{137}Cs и ^{90}Sr усваиваются животными одинаково из различных кормов и пропорционально обменной энергии в данном корме. Оценка ПДК радионуклидов проводится в расчете только на сухое вещество объемистых кормов. Полученные таким путем данные о предельно допустимой концентрации радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в кормах являются ориентировочными.

– С учетом вероятностного характера перехода ^{137}Cs в молоко и мясо крупного рогатого скота предлагается проводить оценку контрольных уровней содержания радионуклида в кормах на основе квотирования суточного поступления цезия с различными кормами [13]. В качестве эталонного корма рассматривается сено. Загрязнение остальных видов кормов рациона оценивается как отношение концентрации цезия

в каждом из кормов к содержанию цезия в сене. Однако из-за значительного разброса содержания ^{137}Cs в кормах и большой вариабельности концентрации в сене к расчетным контрольным уровням содержания радионуклида в кормах следует относиться как к приблизительным.

Таким образом, подходы к определению ПДК радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в кормах являются предметом обсуждений, а методы и критерии оценки остаются недостаточно разработанными. Многие исследователи сходятся во мнении, что проблема недостаточно изучена.

В результате обобщения результатов многочисленных исследований и экспериментов были установлены временные уровни допустимого содержания РН в кормах (рис. 1), которые рекомендуются к использованию в хозяйствах, расположенных на территориях с неблагоприятной радиоэкологической обстановкой [14]. Эти нормативы следует рассматривать как ориентировочные, поскольку в некоторых случаях простое соблюдение установленных допустимых уровней содержания радионуклидов в кормах может привести к превышению допустимых уровней в продукции животноводства – молоке и мясе. В случае применения защитных мероприятий, направленных на уменьшение содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в продуктах животноводства, уровни ПДК радионуклидов в кормах могут быть увеличены.

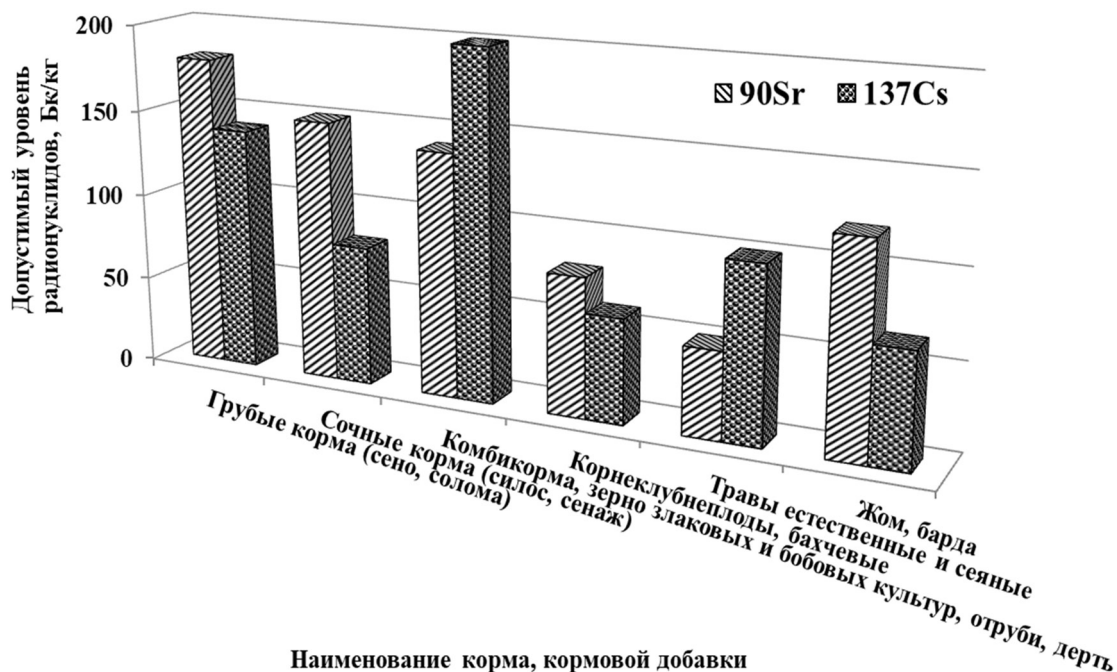


Рис. 1. Допустимые уровни радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs в отдельных кормах жвачных животных, соответствующие нормативам СанПиН 2.3.2.560-96

Таким образом, принятые и действующие на сегодняшний день нормативы, регламентирующие допустимое содержание радионуклидов в кормах, имеют ряд недостатков и не могут в полной мере гарантировать получение экологически безопасной продукции животноводства.

Предложение

Чтобы устранить слабые стороны и недостатки применения ПДК радионуклидов в кормах, требуется дальнейший поиск решения проблемы ограничения поступления ^{137}Cs и ^{90}Sr в организм жвачных животных с целью обеспечить соответствие животноводческой продукции санитарно-гигиеническим требованиям.

В данной работе предлагается альтернативный подход – применение максимально допустимого уровня (МДУ) поступления радионуклидов в организм жвачных животных в качестве критерия оценки безвредности рационов кормления. Отличие критерия от существующих временных нормативов в кормах заключается в том, что рассматри-

вается суточное поступление РН в организм животных, т.е. учитывается не только концентрация радионуклидов в кормовых продуктах рациона кормления, но и структура рациона. Превышение загрязненности отдельного корма допустимого уровня ПДК еще не означает его исключения из рациона, если суммарная активность в рационе не превышает расчетного значения МДУ. Применение максимально допустимого уровня поступления радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в организм жвачных животных предоставляет на практике возможность подбора корма из имеющихся в наличии и характеризующихся различной концентрацией радионуклидов, для оптимизации рационов кормления ниже максимально допустимого уровня с соблюдением баланса по питательным веществам и энергии.

Обзор литературы, посвященной вопросам ведения животноводства на территориях, загрязненных радионуклидами, позволил установить основные факторы (рис. 2), влияющие на величину перехода РН из рациона в молоко и мясо [15].



Рис. 2. Факторы, влияющие на величину перехода радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr из рациона в продукцию животноводства

Чтобы оценить степень и характер влияния установленных факторов на поступление в организм жвачных животных, их накопление и переход радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в продукцию животноводства, необходимы дополнительные исследования. Однако получение необходимой информации путем организации натурных экспериментов представляется затруднительным, сопряжено со значительными затратами и требует строгого соблюдения требований радиационной безопасности. Планирование и проведение большого количества подобных экспериментов практически неосуществимо.

Для описания поступления ^{137}Cs и ^{90}Sr с рационом в организм крупного рогатого скота и овец, накопления и перехода в животноводческую продукцию предлагается привлечь имитационное моделирование. Разработка модели позволит прогнозировать содержание РН в молоке и мясе, оценить максимально допустимый уровень суточного поступления радионуклидов с учетом факторов, влияющих на переход РН из рациона в продукцию животноводства, а также принятых защитных мероприятий.

Заключение

Принятые в настоящее время нормативы, регламентирующие допустимое содержание радионуклидов в кормах, несовершенны и не всегда обеспечивают нормативную чистоту продукции – молока и мяса. В качестве критерия экологической безопасности рационов кормления жвачных животных при содержании на территориях, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr , предлагается применение максимально допустимых уровней суточного поступления радионуклидов с учетом факторов, влияющих на величину перехода РН из рациона в продукцию животноводства, таких как вид животных, возрастная группа, структура рациона кормления и др. Это позволит повысить эффективность использования кормовой базы в хозяйствах и снизить поступление радионуклидов в организм животных.

Обеспечение контроля безопасности рационов кормления животных на соответствие максимально допустимым уровням МДУ должно гарантировать получение нормативной чистоты продукции животноводства.

Список литературы

1. Санжарова Н.И., Фесенко С.В., Исамов Н.Н., Цывинцев П.Н., Губарева О.С. Проблемы ведения животноводства после аварии на Чернобыльской АЭС: радиационная обстановка, защитные мероприятия // Ветеринария и кормление. 2020. № 2. С. 41-45. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-2-10.
2. Авария на Чернобыльской АЭС: защитные и реабилитационные мероприятия в сельском хозяйстве // Радиационная биология. Радиоэкология. 2021. Т. 61, № 3. С. 261-276. DOI: 10.31857/S086980312103005X.
3. Чирков Е.П., Смольский Е.В., Бабьяк М.А. Особенности ведения скотоводства и кормопроизводства на территориях, загрязненных радионуклидами, после аварии на Чернобыльской АЭС // Экономика сельского хозяйства России. 2022. № 11. С. 64-69. DOI: 10.32651/2211-64.
4. Ильязов Р.Г. Чернобыльская катастрофа: последствия и контрмеры в агроэкофере. М.: ИНФРА-М, 2019. 272 с.
5. Исамов Н.Н., Фесенко С.В., Прудников П.В., Губарева О.С., Емлютина Е.С. К вопросу о нормировании содержания ^{137}Cs в кормах сельскохозяйственных животных // Радиоэкологические последствия радиационных аварий: к 35-ой годовщине аварии на ЧАЭС: Сборник докладов международной научно-практической конференции, Обнинск, 22–23 апреля 2021 года. Обнинск: ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», 2021. С. 338-341.
6. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 14 ноября 2001 г. N 36 "О введении в действие санитарных правил" (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/4178234/> (дата обращения: 15.02.2025).
7. Белоус Н.М., Прудников П.В., Щеглов А.М., Смольский Е.В., Белоус И.Н., Силаев А.Л. Вероятность получения молока и кормов, не соответствующих допустимым уровням содержания ^{137}Cs на территории юго-запада Брянской области в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС // Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). 2019. Т. 28, № 3. С. 36-46. DOI: 10.21870/0131-3878-2019-28-3-36-46.
8. Ильязов Р.Г. Техногенез и агроэкофера – проблемы продовольственной безопасности и пути их решения // Известия Международной академии аграрного образования. 2018. № 42-1. С. 41-48.
9. Санжарова Н.И., Фесенко С.В., Исамов Н.Н., Цывинцев П.Н., Губарева О.С. Проблемы ведения животноводства после аварии на Чернобыльской АЭС: радиационная обстановка, защитные мероприятия // Ветеринария и кормление. 2020. № 2. С. 41-45. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-2-10.
10. Исамов Н.Н., Губарева О.С., Мирзоев Э., Алешкина Е.Н. Радиобиология и радиоэкология сельскохозяйственных животных: итоги работ // История науки и техники. 2020. № 7. С. 35-47. DOI: 10.25791/intstg.07.2020.1196.
11. Ильязова Р.Г. Адаптация агроэкоферы к условиям техногенеза. Казань: Изд-во "Фэн" Академии наук РТ, 2006. 664 с.
12. Анненков Б.Н. Радиационные катастрофы: последствия и контрмеры в сельском хозяйстве. М.: Санэпидмедиа, 2008. 371 с.
13. Фесенко С.В., Исамов Н.Н., Прудников П.В., Емлютина Е.С. Радиоэкологическое обоснование контрольных уровней содержания ^{137}Cs в кормах сельскохозяйственных животных // Радиационная биология. Радиоэкология. 2021. Т. 61, № 6. С. 652-663. DOI: 10.31857/S0869803121060047.
14. Ветеринарно-санитарные требования к радиационной безопасности кормов, кормовых добавок, сырья кормового. Допустимые уровни содержания ^{90}Sr и ^{137}Cs . Ветеринарные правила и нормы ВП 13.5.13/06-01 (утв. Министерством сельского хозяйства РФ 19 декабря 2000 г.) [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/71973506/> (дата обращения: 15.02.2025).
15. Епимахов В.Г., Саруханов В.Я., Епифанова И.Э. Факторы, модифицирующие переход радионуклидов из кормов в животноводческую продукцию // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2024. Т. 1, № 11. С. 105–117. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202411110.