

: дис. ... канд. биол. наук : 03.01.06 / Ильина Лариса Александровна; [Место защиты: Всерос. науч.-исслед. ин-т животноводства]. – п. Дубровицы, 2012. – 197 с.

4. McCann, J. C. Rumen microbiome and its relationship with nutrition and metabolism / J. C. McCann, T. A. Wickersham, J. J. Loores // *Bioinformatics and Biology Insights*. – 2014. – Vol. 8(8). – P. 109-125. – DOI: 10.4137/BBIS15389.

5. Determining the culturability of the rumen bacterial microbiome / C. J. Creevey, W. J. Kelly, G. Henderson, S. C. Leahy // *Microbial Biotechnology*. – 2014. – Vol. 7(5). – P. 467-479. – DOI: 10.1111/1751-7915.12141.

6. Beauchemin, K. A. Effects of physically effective fiber on intake, chewing activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based on corn silage / K. A. Beauchemin, W. Z. Yang // *Journal of Dairy Science*. – 2005. – Vol. 88(6). – P. 2117-2129. – DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72888-5.

7. Jouany, J.-P. Optimizing rumen functions in the close-up transition period and early lactation to drive dry matter intake and energy balance in cows / J.-P. Jouany // *Animal Reproduction Science*. – 2006. – Vol. 96(3-4). – P. 250-264. – DOI: 10.1016/j.anireprosci.2006.08.005.

8. Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle / Q. Zebeli, J. R. Aschenbach, M. Tafaj [et al.] // *Journal of Dairy Science*. – 2012. – Vol. 95(3). – P. 1041-1056. – DOI: 10.3168/jds.2011-4421.

9. The periparturient period is associated with structural and transcriptomic adaptations of rumen papillae in dairy cattle / M. A. Steele, C. Schiestel, O. AlZahal [et al.] // *Journal of Dairy Science*. – 2015. – Vol. 98(4). – P. 2583-2595. – DOI: 10.3168/jds.2014-8640.

10. Changes in rumen microbiota composition and in situ degradation kinetics during the dry period and early lactation as affected by rate of increase of concentrate allowance / K. Dieho, J. Dijkstra, G. Klop [et al.] // *Journal of Dairy Science*. – 2017. – Vol. 100(4). – P. 2695-2710. – DOI: 10.3168/jds.2016-11982.

11. Овсянников, А. И. Основы опытного дела в животноводстве / А. И. Овсянников. – Москва : Колос, 1976. – 163 с.

12. Simon Turner, A. *Techniques in Large Animal Surgery* / A. Simon Turner, C. Wayne Mellwraith. – Wiley, 1991. – 381 p.

13. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Изд. 3-е, испр. – Минск : Высшая школа, 1973. – 320 с.

14. Тумилович, Г. А. Жвачка как индикатор здоровья коровы / Г. А. Тумилович // *Наше сельское хозяйство*. – 2021. - № 8. – С.34-37.

Поступила 20.03.2025 г.

УДК 636.2.[084.523+855.12]:546.42

А.А. ЦАРЕНОК, И.В. МАКАРОВЕЦ

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА И УРОВНЯ СОДЕРЖАНИЯ ВИТАМИНА D В РАЦИОНЕ НА ПЕРЕХОД ⁹⁰Sr В МОЛОКО

*Институт радиобиологии НАН Беларуси,
г. Гомель, Республика Беларусь*

Обеспечение радиологической безопасности молока является приоритетной задачей в современном животноводстве нашей страны, что обусловлено

строгими требованиями к качеству продукции в условиях современной экономики. В режиме безвыгульного содержания, при недостатке в рационах обменной энергии, минералов, а в организме витаминов А и Е потребность коров в витамине D возрастает. В связи с этим целью исследований стало изучить влияние минерального состава и уровня содержания витамина D в рационе на переход ^{90}Sr в молоко. В ходе проведения радиометрических исследований удельной активности ^{90}Sr в кормах, составлявших основу рациона лактирующих коров, изучены параметры перехода данного радионуклида из рациона в молоко. По результатам исследований сформированы предложения по оптимизации минерального состава и структуры рационов коров, содержащихся в сельскохозяйственных предприятиях Гомельской области, расположенных на территории радиоактивного загрязнения.

Ключевые слова: витамин D, лактирующие коровы, рационы, минеральный состав кормов и рационов, стронций-90.

A.A. TSARENOK, I.V. MAKAROVETS

INFLUENCE OF MINERAL COMPOSITION AND VITAMIN D CONTENT IN THE DIET ON THE TRANSFER OF ^{90}Sr INTO MILK

*Institute of Radiobiology of the National Academy of Sciences of Belarus,
Gomel, Republic of Belarus*

Ensuring radiological safety of milk is a priority task in the current animal breeding of our country, which is due to strict requirements for product quality in the conditions of the modern economy. Indoor maintenance of cattle results in a deficiency of metabolizable energy and minerals in the diets, and vitamins A and E in the organism, while vitamin D requirement increases. In this regard, the aim of the research was to study the influence of mineral composition and vitamin D content in the diet on the transfer of ^{90}Sr into milk. In the course of radiometric surveys of specific activity of ^{90}Sr in feeds that formed the basis of the diet of lactating cows, the parameters of transfer of this radionuclide from the diet into milk were studied. Based on the research results, proposals were formed to optimize the mineral composition and structure of diets of cows kept in agricultural enterprises of the Gomel region, located in the territory of radioactive contamination.

Keywords: vitamin D, lactating cows, diets, mineral composition of feed and diets, strontium-90.

Введение. В условиях современной экономики к продукции животноводства, в частности к молоку, предъявляются высокие требования, касающиеся радиологической безопасности. Нормативное содержание ^{90}Sr в молоке, определяемое санитарно-гигиеническими нормами, не должно превышать 3,7 Бк/кг [1, 2].

Процесс поступления и накопления ^{90}Sr в организме крупного рогатого скота многофакторный. Он зависит от удельной активности

радионуклидов в кормах, произведенных на загрязнённых данным радионуклидом землях, от состояния кормовой базы в целом, а также от технологических элементов, связанных с организацией кормопроизводства, кормоприготовлением, системами кормления и содержания крупного рогатого скота при выращивании и откорме.

Нарушение баланса питательных веществ и минеральных элементов в рационе животных может повысить переход радионуклидов из корма в организм.

Для сельскохозяйственных предприятий, расположенных на территории радиоактивного загрязнения Гомельской области, характерно наличие дефицита кальция в типовых рационах дойных коров, который может достигать 25-30 % в период летне-пастбищного содержания и 35-40 % в зимне-стойловый период. Недостаток кальция в рационе способствует увеличению перехода ^{90}Sr до 7 раз [3, 4, 5, 6].

Проведённые сотрудниками Института радиобиологии НАН Беларуси эксперименты по обогащению рациона молочных коров минеральными добавками (корма минеральные «Гомельские») подтверждают способность макро- и микроэлементов снижать содержание ^{90}Sr в молоке до 16 % и способствуют увеличению суточного надоя молока до 12,5 % относительно исходного уровня [7, 8]. Установлено, что при дополнительном поступлении макро- и микроэлементов в составе кормовой добавки «Антикет» с вводом ферроцина 0,6-1,2 % и при этом в целом улучшению сбалансированности рациона по химическому составу и питательности наблюдается снижение перехода ^{90}Sr из рациона в молоко коров на 13,2-23,7 % [9, 10].

Значительное влияние на переход ^{90}Sr из рациона в организм крупного рогатого скота оказывает содержание кальция в потребляемых кормах. Его защитный эффект в большей степени появляется с увеличением возраста животных. Добавки кальция к кормам на фоне дефицитного по этому микроэлементу рациона значительно снижают поступление ^{90}Sr в организм. При этом кальций, содержащийся в кормах, оказывает больший защитный эффект, чем кальций минеральной подкормки. Использование рациона, дефицитного по этому микроэлементу, вызывает существенное увеличение ^{90}Sr в молоке и мясе [11, 12]. Данный вопрос имеет большое практическое значение для тех сельскохозяйственных организаций, где производятся корма с относительно высоким содержанием стронция и, следовательно, есть вероятность получения цельного молока с повышенным содержанием данного радионуклида.

Стронций-90 относится к числу наиболее биологически опасных долгоживущих радионуклидов с периодом полураспада ($T_{1/2}$) = 29,12 года. Поскольку данный нуклид главным образом депонируется в

костной ткани, он длительное время задерживается в организме, подвергая облучению костный мозг. Основным источником поступления ^{90}Sr в организм сельскохозяйственных животных являются корма. После поступления корма в желудочно-кишечном тракте происходит его переваривание, а затем всасывание, при этом коэффициент всасывания ^{90}Sr у разных видов жвачных животных составляет 3-16 % от его введённого количества. В молодом возрасте эти показатели значительно выше [13, 14].

Витамин D особенно важен в рационах дойных коров. Он регулирует фосфорно-кальциевый обмен и влияет на всасывание кальция в кишечнике. Дефицит витамина D приводит к снижению поступления в организм кальция через кишечник.

При безвыгульном содержании, недостатке в рационах обменной энергии, кальция, фосфора и каротина, при избытке органических кислот (силосный и концентратный типы кормления), использовании некачественных жиров и растительного сырья с повышенной концентрацией нитратов, а также при недостатке в организме витаминов А и Е и нарушении соотношения кальция и фосфора в корме (1,2–1,5:1) потребность коров в витамине D возрастает [15, 16, 17, 18].

Таким образом, целью исследований стало изучить влияние минерального состава и уровня содержания витамина D в рационе на переход ^{90}Sr в молоко.

Материал и методика исследований. Для определения содержания витамина D в рационах коров и организме животных в период зимне-стойлового содержания проведён научно-хозяйственный эксперимент на базе МТФ «Дублин» ОАО «Маложинский» Брагинского района Гомельской области в период с 30 марта по 28 апреля 2023 года согласно схеме (таблица 1). Длительность эксперимента составила 30 суток.

Таблица 1 – Схема эксперимента

Группа животных	Количество голов в группе	Продолжительность эксперимента, сут.	Особенности
Контрольная группа	10	30	ОР
I опытная группа	10		ОР + витамин D (перорально)
II опытная группа	10		ОР + витамин D (инъекционно)

Примечание: ОР – основной рацион (сено злаковое – 3 кг/гол/сут; силос кукурузный – 12 кг/гол/сут; концентраты (ячмень – 50 %, овес – 50 %) – 2,4 кг/гол/сут)

Отбор проб сена осуществлялся вручную по периметру скирд и рулонов на равных расстояниях друг от друга на высоте 1,0-1,5 м от поверхности земли со всех сторон с глубины 0,5-1,0 м. Отбор проб силоса проводился в траншеях пробоотборником на глубине 1,5-2,0 м или вручную по срезу массы после вскрытия. Из полученных точечных проб каждого вида корма, по отдельности, составлялась объединённая проба массой 2 кг. Для этого она разлаживалась тонким слоем на плёнке и осторожно перемешивалась. Из объединённой пробы готовилась средняя проба для анализа. Полученную среднюю пробу массой не менее 1 кг упаковывали в плотную бумагу и доставляли в лабораторию агроэкологии и массовых анализов Института радиобиологии НАН Беларуси для проведения аналитических исследований.

Химический состав кормов определяли по схеме общего зоотехнического анализа с определением следующих показателей: влажности – ГОСТ 27548-97; сырой клетчатки – ГОСТ 13496.2-91; сырого протеина – расчетным методом; сырого жира – ГОСТ 13496.15-97; кальция – ГОСТ 26570-95; фосфора – ГОСТ 26657-85.

Учёт кормления животных осуществлялся по количеству съеденных кормов основного рациона и не съеденных остатков (путём контрольного взвешивания 1 раз в 5 дней) [19].

Отбор проб молока проводился от каждой коровы во время утреннего доения в соответствии со схемой отбора проб согласно СТБ-1051-2012 «Отбор проб молока и молочных продуктов. Общие требования» [20].

Рационы подопытных животных нормировались с учётом химического состава и питательности кормов на основе рекомендованных норм [21, 22, 23, 24].

Определение удельной активности ^{137}Cs (Бк/кг) в пробах кормов, молока и мяса проводилось на γ -спектрометрическом комплексе «Canberra-Peckard» с погрешностью не более 30 %. Радиохимическое определение ^{90}Sr в исследуемых пробах проводилось на аттестованном низкофоновом α - β счётчике Canberra-S5E с погрешностью не более 20 %.

Определение содержания макро- и микроэлементов (Ca, K, Na, Fe, Mg, Mn, Zn, Co, Cu, Pb, Cd) в пробах кормов, молока и сыворотки крови выполнено при помощи атомно-абсорбционного спектрометра SolarM6.

Полученный по результатам проведения экспериментов цифровой материал подвергался математической и статистической обработке с использованием следующих программ Microsoft Excel, Statistica. Оценка достоверности разницы проверялась по Стьюденту. Разницу считали достоверной при $P < 0,05$; $P < 0,01$; $P < 0,001$ [25].

Животным перорально и инъекционно вводили витамин D в виде раствора (препарат «Чиктоник» в количестве 10 мл с кормом, содержание витамина D₃ – 500 000 МЕ/л) и внутримышечно (препарат «Мультивит + минералы», с содержанием D₃ – 25 000 МЕ/мл).

Условия содержания животных контрольной и опытной групп были одинаковыми и соответствовали принятой на молочно-товарной ферме технологии содержания лактирующих коров, а также организации труда. Во время эксперимента животные содержались на привязи, проводилось индивидуальное доение в ведра.

Результаты исследования и их обсуждение. Представленный суточный рацион подопытных животных состоял из следующего набора кормов: сено – 3 кг, силос – 12 кг, концентраты (овёс – 50 %, ячмень – 50 %) – 2,4 кг (0,3 кг на 1 кг молока).

Проведённые радиометрические исследования удельной активности ⁹⁰Sr в кормах, составлявших основу рациона (сено злаковое и силос кукурузный), показало их полное соответствие требованиям, предъявляемым РДУ-99 [1]. Так, содержание ⁹⁰Sr в сене составляло 20,39-199,69 Бк/кг (при норме 260 Бк/кг для цельного молока), а для силоса – 6,12-10,82 Бк/кг (при норме 240 Бк/кг для цельного молока). Суточная активность ⁹⁰Sr в рационе подопытных коров на протяжении всего периода проведения эксперимента составляла 0,13-0,73 кБк.

Учёт поедаемости кормов показал, что лактирующие коровы опытных и контрольной групп охотно съедали суточный рацион. По результатам учёта фактически съеденного сена злакового, силоса кукурузного и зерносмеси, а также химического анализа и питательной ценности кормов был составлен рацион лактирующих коров (таблица 2).

Таблица 2 – Химический состав и питательность рациона лактирующих коров живой массой 500–550 кг, со среднесуточным удоем молока жирностью 3,8-4 % – 18 кг

Вид корма			Требуется корма в сутки, кг	
Сено злаковое			4	
Силос кукурузный			11	
Концентраты			3	
Показатели	Требуется по норме	Фактически содержится	Баланс	
			+/-	%
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
ЭКЕ	16,1	16,8	0,7	4,3
Кормовые единицы, кг	13,9	14,6	0,7	5,1
Обменная энергия, МДж	161,0	168,0	7,0	4,3
Сухое вещество, кг	15,7	9,0	-6,7	-43,0

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Сырой протеин, г	2147,0	2076,9	-70,2	-3,3
Переваримый протеин, г	1436,0	668,0	-768,0	-53,5
Сырой жир, г	495,0	517,0	22,0	4,4
Сырая клетчатка, г	3545,0	4764,7	1219,7	34,4
Сахар, г	1057,0	549,2	-507,8	-48,0
Поваренная соль, г	99,0	99,0	0	0
Кальций, г	94,0	42,9	-51,1	-54,4
Фосфор, г	66,0	48,2	-17,9	-27,0
Магний, г	28,0	11,7	-16,3	-58,2
Калий, г	102,0	148,7	46,7	45,7
Железо, мг	1056,0	2309,7	1253,7	118,7
Медь, мг	129,0	46,3	-82,7	-64,1
Цинк, мг	842,0	137,5	-704,5	-83,7
Кобальт, мг	10,5	0,6	-9,9	-94,6
Марганец, мг	842,0	770,4	-71,6	-8,5
Йод, мг	13,2	1,6	-11,6	-87,9
Каротин, мг	18,9	13,5	-5,4	-28,6
Витамин D, тыс. ME	18,9	1,2	-17,7	-93,6

Представленный рацион имеет низкую сбалансированность по большинству нормируемых показателей. В рационе выявлен существенный дефицит отдельных значимых веществ. Так, дефицит сухого вещества составил 43,0 %, переваримого протеина – 53,5 %, сахара – 48,0 %, кальция – 54,4 %, фосфора – 27,0 %, магния – 58,2 %, меди – 64,1 %, цинка – 83,7 %, кобальта – 94,6 %, каротина – 28,6 %. В рационе установлено высокое содержание калия и железа – в 1,5 и 2,2 раза выше установленной нормы соответственно [22, 23, 24].

Исследуемый рацион характеризуется крайне низким содержанием витамина D, дефицит которого (в сравнении с рекомендуемой нормой кормления) находился на уровне 93,6 %.

Кальций-фосфорное отношение в рационе составляло 1,4:1. В период лактации соотношение Са/Р должно составлять 1,5–2:1. Сахаро-протеиновое отношение составляло 0,8:1. В норме для дойных коров в среднем сахаро-протеиновое отношение составляет 1:1, то есть на 1 грамм сахара приходится 1 грамм протеина.

Параметры перехода ^{90}Sr из рациона в молоко. На рисунке 1 представлены результаты измерения содержания ^{90}Sr в молоке коров за весь период проведения эксперимента.

Отбор проб молока для радиометрических исследований проведён в нулевые сутки эксперимента, результаты измерений составили $1,23 \pm 0,34$ Бк/кг. Динамика изменения удельной активности ^{90}Sr в молоке коров контрольной группы составляла 1,09-1,8 Бк/кг, в I опытной

– 1,13-1,55 Бк/кг, во II опытной – 0,92-1,44 Бк/кг.

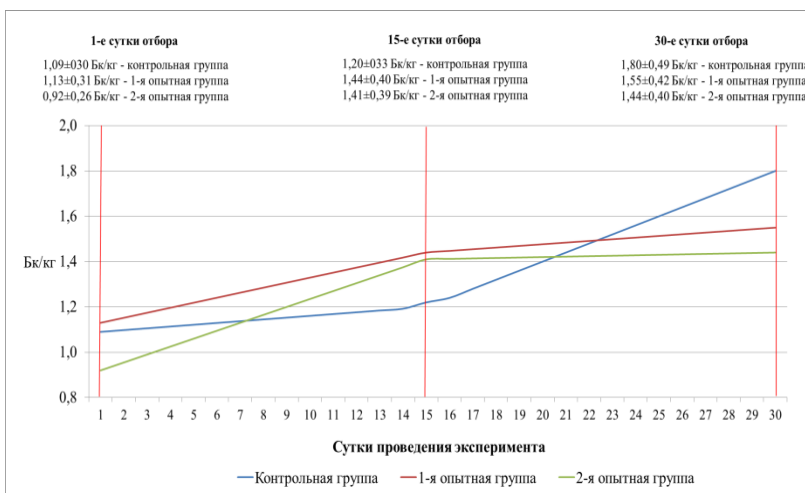


Рисунок 1 – Динамика изменения удельной активности ^{90}Sr в молоке коров за весь период проведения эксперимента

С середины эксперимента в опытных группах, получавших препараты витамина D, наблюдается прекращение увеличения содержания ^{90}Sr в молоке коров, а в контрольной группе, напротив, происходит рост его содержания.

В заключительном периоде проведения эксперимента (3-й отбор проб молока) полученные результаты свидетельствуют о наибольшем снижении содержания ^{90}Sr в молоке коров II опытной группы, получавшей витамин D инъекционно, в результате чего содержание изучаемого радионуклида в молоке снизилось на 20,0 % (1,44 Бк/кг) по сравнению с контролем (1,8 Бк/кг). В I опытной группе, получавшей витамин D вместе с кормом (перорально), снижение удельной активности молока по сравнению с контролем составило 13,9 % (1,55 Бк/кг) (рисунок 2).

Таким образом, наиболее эффективной формой использования витамина D для снижения перехода ^{90}Sr из рациона в молоко является инъекционное введение витамина животным.

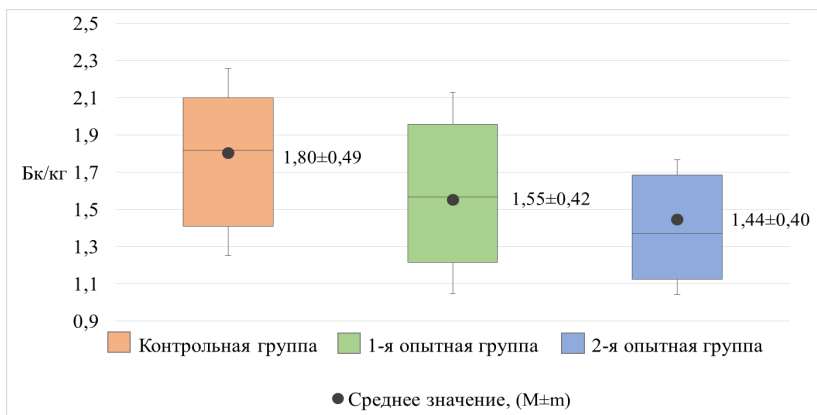


Рисунок 2 – Удельная активность Sr^{90} в молоке коров

Предложения по оптимизации минерального состава и структуры рационов коров, содержащихся в сельскохозяйственных предприятиях Гомельской области, расположенных на территории радиоактивного загрязнения.

1. Рекомендуется применение адресного подхода при расчёте суточных рационов для дойных коров, учитывающих обеспеченность кормов минеральными веществами, потребность животных в них с учётом возраста, уровня продуктивности, номера и периода лактации (период раздоя – 14-100 дней; получение молока: первая фаза – 100-200 дней, вторая фаза – 200-250 и более дней).

2. Предлагается использовать дополнительные источники поступления кальция, фосфора и магния, дефицит которых наблюдается у животных всех изучаемых групп, путём внедрения кормовых добавок на основе местных источников минерального сырья, использование которых при достаточно низкой их стоимости может служить фактором повышения продуктивности на 10-15 % и будет способствовать снижению себестоимости продукции, увеличению периода продуктивного использования животных, снижению уровня выбраковки животных в результате болезней алиментарного характера.

3. Рекомендуется контроль обеспеченности хозяйственных рационов витамином D, ввод в состав рациона данного витамина при наличии дефицитного состояния по данному показателю, так как он напрямую влияет на усвоение кальция в организме, на кальций-фосфорное и кислотно-щелочное отношения в рационе, способствует снижению перехода ^{90}Sr из рациона в молоко на 10–15 % в сельскохозяйственных предприятиях, расположенных на загрязнённых территориях.

Заклучение. Проведён анализ минерального состава кормов и хозяйственного рациона дойных коров, содержащихся в сельскохозяйственном предприятии на территории Гомельской области, расположенного на территории радиоактивного загрязнения в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС. В травянистых кормах (сено, силос) установлен дефицит кормовых единиц, который составил 17,7 %, обменной энергии – 22,5 %, сырого и переваримого протеинов – 28,5 и 33,2 соответственно, сахара – 68,1 %, кальция – 15,5 %, фосфора – 32,3 %, калия – 23,2 %, меди – 57,2 %, цинка – 67,2 %, кобальта – 94,9 %, марганца – 80,4 %. В рационе установлено высокое содержание сухого вещества и железа – в 2,3 и 2,2 раза выше установленной нормы соответственно.

Установлено, что при внутримышечном введении витамина D (II опытная группа) в организм коров содержание Sr^{90} в молоке составило $1,44 \pm 0,40$ Бк/кг, что на 7,1 % ниже ($1,55 \pm 0,42$ Бк/кг) по сравнению с его пероральным потреблением (I опытная группа) и на 20,0 % ниже по сравнению с контролем ($1,80 \pm 0,49$ Бк/кг). Таким образом, наиболее эффективной формой использования витамина D для снижения перехода ^{90}Sr из рациона в молоко является инъекционное введение витамина животным по сравнению с его пероральным поступлением.

Литература

1. Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99) : ГН 10-117-99 : введ. 26.04.1999. – Минск, 1999. – 8 с.
2. Критерии оценки радиационного воздействия : гигиенический норматив // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 07.12.2022, 5/51037
3. Минерально-сырьевая база Гомельской области (состояние и перспективы развития) / А. А. Махнач, Я. И. Аношко, Я. Г. Грибик [и др.]. – Минск : Белпринт, 2005. – 208 с. – ISBN 985-6117-76-3.
4. Радчиков, В. Ф. Использование новых БВМД на основе местного сырья в рационах бычков / В. Ф. Радчиков, А. Н. Кот, А. Н. Шевцов // Ученые записки УО ВГАВМ. – 2004. – Т. 40, ч. 2. – С. 205-206.
5. Славецкий, В. Б. Эффективность использования комплексной минерально-витаминной добавки из местных источников сырья в рационах молодняка крупного рогатого скота : автореф. дис. канд. с.-х. наук : 06.02.02 / В. Б. Славецкий. – Жодино, 2005. – 19 с.
6. Гурин, В. К. Местные источники минеральных веществ в рационах выращиваемых на мясо бычков / В. К. Гурин. – Минск : УП «Технопринт», 2004. – 106 с.
7. Рекомендации по использованию комплексных минеральных добавок на основе фосфогипса в кормлении лактирующих коров, содержащихся на территории радиоактивного загрязнения / А. А. Царенок, И. В. Макаровец, Э.Н. Цуранков, А. В. Наумчик, А. Ф. Гвоздик, В. В. Касьянчик, В.Ф. Радчиков, В. П. Цай, А. Н. Кот, Г. В. Бесараб. – Гомель : Институт радиобиологии НАН Беларуси, 2021. – 27 с.
8. Рекомендации по использованию новых рецептов комплексных минеральных добавок на основе трепела в составе комбикормов для крупного рогатого скота, содержащегося на территории радиоактивного загрязнения / НАН Беларуси, Ин-т радиологии. – Минск : ИВЦ Минфина, 2019. – 35 с.

9. Макаровец, И. В. Экономическая, зоотехническая и радиологическая эффективность кормовой добавки «Антикет» с вводом ферроцина / И. В. Макаровец, А. Ф. Карпенко, А. А. Царенок // *Аграрная экономика*. – 2022. – № 11(330). – С. 89-96.
10. Макаровец, И. В. Разработка новой формы кормовой добавки «Антикет» для кормления лактирующих коров / И. В. Макаровец // *Студенческая наука и инновации : междунар. науч.-практ. конф. студентов и магистрантов*, Витебск, 14-15 мая 2009 г. / ВГАВМ ; ред.: А. И. Ятусевич [и др.]. – Витебск, 2009. – С. 116.
11. Окунев, А. М. Аккумуляция некоторых техногенных радионуклидов в звеньях пастбищной кормовой цепи молочных коров / А. М. Окунев, О. А. Столбова // *АПК: инновационные технологии*. – 2022. – № 2. – С. 65–73.
12. Карпенко, А. Ф. Производство животноводческой продукции в условиях радиоактивного загрязнения Гомельской области / А. Ф. Карпенко // *Животноводство и ветеринарная медицина*. – 2020. – № 3(38). – С. 29–32.
13. Исамов, Н. Н. Анализ закономерностей всасывания радионуклидов в желудочно-кишечном тракте сельскохозяйственных животных / Н. Н. Исамов, С. В. Фесенко // *Радиационная биология. Радиоэкология*. – 2021. – Т. 61. – № 1. – С. 87–104.
14. Иванова, А. С. Закономерности поведения радионуклидов в организмах животных при проведении защитных мероприятий / А. С. Иванова, Н. И. Мармулева // *Актуальные проблемы агропромышленного комплекса : сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов Новосибирского ГАУ*, Новосибирск, 20 окт. 2023 г. / НГАУ. – Новосибирск, 2023. – С. 304–306.
15. Каминская, Ю. А. Роль кальция и витамина D в лечении и профилактике остеопороза: необходимо ли их широкое применение? / Ю. А. Каминская // *Клиническое питание и метаболизм*. – 2022. – Т. 3, № 3. – С. 167–176.
16. Васильева, Е. П. Дефицит витамина D / Е. П. Васильева, Д. С. Немтинов // *Молодой ученый*. – 2023. – № 4 (451). – С. 92–93.
17. Пахомов, И. Витамин D: устраняем дефицит в рационах / И. Пахомов, Н. Разумовский // *Наше сельское хозяйство*.
18. Разумовский, Н. Профилактика гиповитаминоза D в скотоводстве / Н. Разумовский // *Ветеринарное дело (Минск)*. – 2022. – № 1. – С. 37–41.
19. Радиационный контроль. Отбор проб кормов, кормовых добавок и сырья для производства комбикормов. Общие требования : СТБ-1056-2016. – Взамен СТБ 1056-98 ; введ. 01.07.2017. – Минск : БелГИМ, 2017. – 7 с.
20. Радиационный контроль. Отбор проб молока и молочных продуктов. Общие требования : СТБ-1051-2012. – Взамен СТБ 1051-98 ; введ. 01.01.2013. – Минск : БелГИМ, 2013. – 7 с.
21. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных / А. П. Калашников, В. И. Фисинин, В. В. Щеглов [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Знание, 2003. – 456 с. – ISBN 5-94587-093-5.
22. Нормы кормления и питательность кормов для высокопродуктивных животных : учеб.-методическое пособие / Н. А. Шарейко, Н. П. Разумовский, О. Ф. Ганущенко, Л. А. Возмитель ; Витебская гос. акад. ветеринарной медицины. – Витебск, 2018. – 84 с.
23. Нормы кормления и состав кормов для сельскохозяйственных животных : метод. пособие / Н. А. Шарейко, Н. П. Разумовский, О. Ф. Ганущенко, Л. А. Возмитель ; Витебская гос. акад. ветеринарной медицины. – Витебск : ВГАВМ, 2021. – 52 с.
24. Разумовский, Н. Балансируем рационы скота по минералам / Н. Разумовский // *Животноводство России*. – 2023. – № 1. – С. 53-55. – DOI 10.25701/ZZR.2023.01.01.003.
25. Вишневец, А. В. Биометрия в животноводстве : учеб.-метод. пособие / А. В. Вишневец, В. Ф. Соболева, Т. В. Видасова. Витебск ; Витебская гос. акад. ветеринарной медицины. – Витебск, 2017. – 42 с. – ISBN 978-985-512-990-6.

Поступила 13.03.2025 г.