

ОБЗОРЫ

УДК 631.95:636.2

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕХОДА ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ КОРМОВ В ЖИВОТНОВОДЧЕСКУЮ ПРОДУКЦИЮ (ОБЗОР ПОДХОДОВ К РАСЧЁТУ)**Епимахов В.Г., Епифанова И.Э.***Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, Обнинск, e-mail: epimakhov.vg@gmail.com, epifan.obninsk@gmail.com*

Целью данной работы является изучение современного состояния вопроса корректности определения одного из наиболее часто используемых параметров, применяемых при проведении оптимизации методов ведения животноводства и получения экологически безопасной продукции в условиях техногенного загрязнения агросферы, – коэффициента перехода тяжёлых металлов из кормов в молоко (мясо) крупного рогатого скота. На основе анализа ряда научных публикаций, где затрагиваются вопросы определения уровней загрязнённости тяжёлыми металлами кормов с применением расчета коэффициентов перехода тяжёлых металлов из суточного рациона в продукцию животноводства, сделаны выводы о правомерности существования нескольких вариантов расчета данного параметра. В связи с этим отмечается необходимость при описании выполненных работ представления более полного объема информации об используемых в процессе исследования данных для исключения разночтения полученных результатов. Подчеркнута важность однозначности трактовки терминов и определений для повышения качества исследований в экотоксикологии, связанных с анализом и обобщением экспериментальных данных. Отмечено, что коэффициент перехода является функцией множества факторов внешней и внутренней среды, влияющих на оценку допустимых уровней содержания тяжелых металлов в рационе кормления сельскохозяйственных животных.

Ключевые слова: тяжёлые металлы, коэффициент перехода, корма, суточный рацион, молоко, КРС**ON THE ISSUE OF DETERMINING THE TRANSFER COEFFICIENT OF HEAVY METALS FROM FEED TO LIVESTOCK PRODUCTS (A REVIEW OF CALCULATION APPROACHES)****Epimakhov V.G., Epifanova I.E.***Russian Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, e-mail: epimakhov.vg@gmail.com, epifan.obninsk@gmail.com*

The aim of this work is to study the current state of the question of the correct determination of one of the most frequently used parameters used in the optimization of livestock breeding methods and the production of environmentally friendly products in conditions of technogenic pollution of the agricultural sphere – the coefficient of transfer of heavy metals from feed to cattle milk (meat). Based on an analysis of a number of scientific publications that address the issues of determining the levels of heavy metal contamination of feed using the calculation of the coefficient of transfer of heavy metals from the daily ration to livestock products, conclusions are drawn about the validity of several options for calculating this parameter. In connection with this fact, the necessity to bring the most complete amount of information about the used in the experiments data to avoid ambiguous interpretation in the results obtained in the description of the work performed is noted. The importance of the unambiguous interpretation of terms and definitions to improve the quality of ecotoxicological research work related with the analysis and synthesis of experimental data are emphasized. It is noted that the coefficient of transfer of heavy metals from the feed to milk (meat) is a function of many factors of the external and internal environment that affect the assessment of permissible levels of heavy metals in the daily ration of farm animals.

Keywords: heavy metals, transfer coefficient, feeds, daily ration, milk, cattle

Задача соблюдения норм экологической безопасности при ведении агропроизводства в условиях постоянно возрастающей техногенной нагрузки на окружающую среду является одной из актуальных проблем современности. Тяжёлые металлы (ТМ) – ртуть, кадмий, свинец, мышьяк – включены в число подлежащих контролю при международной торговле пищевыми продуктами. Обладая высокой экотоксичностью, кумулятивностью и синергизмом, они являются наиболее опасными загрязнителями, при попадании в организм нарушают внутренние

обменные процессы и снижают его устойчивость к различным заболеваниям [1].

При разработке мероприятий по получению экологически чистой продукции животноводства необходимо располагать информацией по оценке и прогнозу величин ожидаемых уровней загрязнённости ТМ мяса и молока. Коэффициент перехода (КП) тяжёлого металла в организм животного считается одним из основных количественных показателей, используемых при определении загрязнения животноводческой продукции и прогнозировании

ее соответствия санитарно-экологическим нормативам. Предполагается, что, зная КП тяжёлого металла, можно подобрать состав суточного рациона, обеспечивающий получение экологически безопасной продукции. Несмотря на традиционное использование данного параметра при описании результатов экспериментальных научных работ по вопросам кормопроизводства и ведения животноводства в условиях техногенного загрязнения агросферы, в литературных источниках приводятся несколько вариантов способов расчёта КП тяжёлых металлов.

Цель представленной работы – описание разнообразных подходов к расчёту КП, каждый из которых имеет право на существование. Вместе с тем отмечается, что отсутствие в публикациях полной картины проведения научно-производственных опытов не позволяет проводить сравнительный анализ значений КП и не способствует повышению качества исследовательских работ, связанных с обобщением многочисленных экспериментальных данных.

А. Расчёт КП как отношения концентрации токсичного элемента в продукции к его суточному содержанию в рационе

Один из вариантов расчёта коэффициента перехода какого-либо токсиканта из корма в мясо (молоко) – это определение его как процентного отношения концентрации токсичного элемента в продукции к его суточному поступлению с рационом:

$$КП_i = \frac{C_{i \text{ молоко, мясо}}}{A_{i \text{ рацион}}} * 100\%, \quad (1)$$

где КП_{*i*} – коэффициент перехода *i*-го элемента (%);

$C_{i \text{ молоко, мясо}}$ – концентрация *i*-го элемента в молоке (мясе), мг/кг;

$A_{i \text{ рацион}}$ – содержание *i*-го элемента в суточном рационе, мг.

Для изучения влияния содержания Hg, Cd, Pb и As в почве, воде и компонентах рациона КРС на их биоаккумуляцию в животноводческой продукции проведены исследования в базовых хозяйствах лесостепной зоны Алтайского края [2]. Установлено, что КП ртути, кадмия, свинца и мышьяка из суточного рациона в молоко находились соответственно в пределах, %: 0,21–0,59; 0,69–1,09; 0,40–0,64 и 0,31–0,78, а КП в мышечную ткань составил 1,74–3,91; 1,01–1,13; 3,37–5,90 и 0,23–0,35.

В соответствии с формулой (1) определялись КП свинца, кадмия и других экотоксикантов из рациона в молоко коров из хозяйств Тульской Калужской и Орловской областей [3], а также для КРС из хозяйств Алметьевского, Заинского и Нижнекамского районов Республики Татарстан [4].

Животные выращивались на кормовых угодьях, загрязнённых ¹³⁷Cs и тяжёлыми металлами. Средние значения коэффициентов перехода из рациона лактирующих коров в молоко для различных периодов содержания животных показали, что КП как для ¹³⁷Cs, так и для ТМ имеют сезонные особенности и уменьшаются при переводе животных с летне-пастбищного содержания на зимне-стойловое.

Таким же способом оценивались КП экотоксикантов в молоко коров при разработке научного обоснования комплекса мероприятий, гарантирующих производство экологически безопасной продукции животноводства на техногенно загрязнённых территориях [1, 5]. Проведен расчёт пределов допустимого содержания ТМ в рационах. Отмечена зависимость размеров перехода токсикантов от содержания сырой клетчатки в рационах: с увеличением её доли в рационе коэффициенты перехода ТМ в молоко уменьшаются.

Аналогичным образом коэффициенты перехода ряда тяжёлых металлов определяются в перечисленных ниже работах по проблемам:

- контаминированности токсичными элементами, микотоксинами и радионуклидами сельхозугодий и продукции в хозяйствах Республики Татарстан и разработки методов снижения их влияния на организм животных [6];

- поступления свинца и кадмия в молоко коров в зависимости от способа содержания животных (для пастбищного и зимне-стойлового периодов) и типа рациона в хозяйствах Минской и Гомельской областей [7];

- оценки уровня загрязнения и транслокации тяжёлых металлов в рационах кормления и молоке коров сельскохозяйственных предприятий Щучанского района Курганской области на территории размещения объектов по хранению и уничтожению химического оружия [8];

- содержания токсикантов в системе «корм – рацион коров – молоко» и установления степени их перехода из кормов зимнего и летнего рациона в молоко в колхозах Минского района Республики Беларусь [9];

- закономерности миграции ТМ в трофической цепи лактирующих коров из хозяйств Московской области [10];

- оценки загрязнения молочной продукции в хозяйствах техногенно загрязнённых зон России в Брянской области [11];

- установления загрязнённости экотоксикантами в пищевой цепи «почва – растение – животное – молоко» путём проведения мониторинга в хозяйствах юго-восточной

зоны Республики Татарстан, результаты которого использованы при картографировании с нанесением зон, неблагоприятных по содержанию ТМ в почве, кормах, молоке [12].

Б. Расчёт КП как отношения содержания токсичного элемента в продукции к содержанию его солей в рационе

При изучении перехода солей тяжёлых металлов (Pb, Cd, Cu, Zn) из кормов рациона зимне-стойлового периода в молоко коров из хозяйств «Заречье» Минской области коэффициент перехода авторы [13] рассчитывали как отношение содержания солей ТМ в молоке к суточному содержанию солей этого ТМ в рационе:

$$КП_i = \frac{A_{i \text{ молоко}}}{A_{i \text{ рацион}}} * 100\%, \quad (2)$$

где $A_{i \text{ молоко}}$ – содержание солей i -го элемента в молоке, мг;

Для Cu коэффициент перехода составил 0,8%, для Zn – 12,6%, для Pb – 2,4% и для Cd – 2,5%.

Также определяли КП в молоко Cd, Pb, Hg и ряда других ТМ при проведении экспериментальных работ в СПК «Базы» Республики Башкортостан [14–17] по выявлению наиболее приспособленных генотипов КРС для получения высококачественных молока и говядины в условиях интенсивного земледелия.

В работе [18] оценено содержание Pb, Cd и As в молоке и волосяном покрове коров в хозяйстве ОАО «Червлёное» Волгоградской области. Рассчитан коэффициент перехода Cd из рациона питания в молоко, который, согласно приведённой формуле (2), составил 21%.

Проведены исследования в хозяйствах Вологодской, Ивановской и Ярославской областей Центрального региона Нечерноземной зоны России [19]. Оценку уровня содержания тяжёлых металлов свинца, ртути и кадмия в кормах и молочном сырье проводили методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии. В результате сопоставления, с одной стороны, количества поступивших тяжёлых металлов с кормами рациона в организм коров, а с другой стороны – количественного содержания их в молоке рассчитаны КП кадмия, свинца и ртути в молоко по указанной выше формуле.

В. Расчет КП как отношения содержания токсичного элемента в продукции к содержанию его солей в рационе и питьевой воде

В работе [20] определены коэффициенты перехода солей ТМ (Zn, Pb, Cu и Cd) из кормов рациона в организм и молоко коров колхоза им. Ленина РСО – Алания, а также эффективность использования ак-

тивированного угля в качестве сорбента солей ТМ. Вместе с рационом учтено поступление токсикантов с питьевой водой. Соответственно, формула определения КП выглядит следующим образом:

$$КП_i = \frac{A_{i \text{ молоко}}}{(A_{i \text{ рацион}} + A_{i \text{ вода}})} * 100\%, \quad (3)$$

где $A_{i \text{ вода}}$ – содержание солей i -го элемента в питьевой воде, мг.

Установлено, что скармливание коровам 2,5 г/кг активированного угля существенно снижает КП солей ТМ из кормов рациона в организм: Cu – на 11,9%; Zn – на 6,8%; Pb – на 60,4% и Cd – на 62,8%.

Проанализирована миграция токсических веществ в пищевой цепи КРС пригородных хозяйств Красноярска [21]. КП тяжёлых металлов из кормов рациона в молоко также рассчитывались по формуле (3).

Содержание солей ТМ в воде, потребляемой животными вместе с суточным рационом, учитывалось в исследованиях по изучению добавления в рацион КРС минеральной агоруды ирлита-1 [22]. Наибольшими КП из кормов в организм обладают Pb и Cd.

Г. Расчёт КП как отношения концентрации токсичного элемента в продукции к его концентрации в корме

В процессе установления количественных характеристик перехода ТМ из рациона в молоко лактирующих коров и оценки влияния этих ТМ на санитарно-гигиенические качества молока, получаемого в хозяйствах Тульской и Орловской областей, для расчета КП свинца и кадмия в молоко использовали следующее соотношение [23]:

$$КП_i = \frac{C_{i \text{ молоко}}}{C_{i \text{ рацион}}} * 100\%, \quad (4)$$

где $C_{i \text{ рацион}}$ – концентрация i -го элемента в суточном рационе, мг/кг.

Результаты исследований показали, что коэффициенты перехода тяжёлых металлов из корма в молоко образовывали ряд $Pb > Cr > Ni > Cd$.

В работе [24] приведены концентрации Zn, Pb, Cd и Cu в почве, рационе, молоке и их КП в молоко. Показано, что коэффициенты перехода ТМ из рациона в молоко в летне-пастбищный период выше, чем в зимне-стойловый. Объясняется это дополнительным поступлением загрязнителей в организм животных с дерниной и почвенными частицами, поскольку содержание ТМ в них выше, чем в растениях. Расчёт КП проводился по формуле (4).

Таким же способом определялись КП при разработке научно обоснованных ме-

роприятий улучшения качества и экологической безопасности молока коров краснопёстрой породы в зоне влияния крупного промышленного центра [25].

Д. Отсутствие или неполное представление информации о способе расчёта КП

Работы, содержащие, подобно перечисленным выше публикациям, полные сведения о способе расчёта коэффициентов перехода и данные о содержании (концентрации) соответствующих тяжёлых металлов в молоке и суточном рационе животных, по нашему мнению, несмотря на отличия в подходах к расчёту КП, наиболее корректно отражают информацию, полученную в ходе исследовательских работ. Однако в процессе обзора и изучения источников литературы выявлено значительное количество публикаций, авторы которых приводят указанные сведения не в полном объеме.

При подобном способе изложения результатов проведенных исследований восприятие материала затруднено: возникает необходимость в сверке размерностей представленных величин и соотношении их с определениями, которыми оперируют авторы. А если исходные данные приведены не полностью, понять, каким образом получены значения КП, становится невозможным, что снижает значимость проведенных работ, приводит к отказу использования полученных результатов и исключению из рассмотрения при анализе и обобщении, отсутствию ссылок на такие публикации и т.д.

В [26, 27] рассмотрены результаты обследования проб растительных кормов и молока коров, отобранных в семи районах Тюменской области, с целью проведения оценки содержания ТМ в рационе КРС и изучения накопления этих токсикантов в молоке. Рассчитаны значения КП в молоко для свинца, кадмия, мышьяка и ртути. Приведены данные о содержании перечисленных токсикантов в молоке коров и в отдельных кормах, составляющих рацион (в силосе, зеленой массе, кукурузе). Для получения более полной информации, по нашему мнению, желательно было указать содержание ТМ в рационе, для определения, по какому способу проводился расчет КП.

В работе [28] анализируются зависимости перехода ТМ из рациона в молоко от состава и типа кормления, содержания клетчатки в кормах, позволяющие регулировать темпы поступления токсикантов и использовать их для получения нормативно чистой продукции животноводства. Проанализированы рационы кормления дойных коров в стойловый период в ПК «Биклянь» Тукаевского района (Татарстан).

Дано среднесуточное поступление токсикоэлементов с рационом в организм дойных коров, содержание ТМ в молоке (мг/кг). Приведены коэффициенты перехода ТМ из рациона в молоко, но порядок их расчёта не представлен.

Работа [29] посвящена изучению особенностей перехода ТМ из рационов в молоко коров сельхозпредприятий Щучанского района Курганской области. Определена концентрация тяжёлых металлов в рационах и молоке. Отмечено, что при увеличении токсичности рациона барьерные функции организма животных усиливаются и КП в цепи «рацион – молоко» снижается. В пастбищный период коэффициент перехода больше, чем в стойловый период. Возможность использования экспериментальных данных путем перебора формул расчёта КП позволила определить способ подхода к его оценке – это формула (1).

В исследованиях [30, 31] изучены связи между содержанием ТМ в объектах внешней среды пригородной зоны Волгограда и их распространением в системе «почва – вода – корма – животное – продукция животноводства». Определено содержание Cd, Zn, Hg, Pb, Cu, Ni, Fe, а также As; оценено качество и технологические свойства продуктов скотоводства в условиях техногенеза. Представлены коэффициенты перехода ТМ в молоко коров районированных пород. Способ расчёта не указан.

При изучении особенностей перехода тяжёлых металлов из рационов лактирующих коров в молоко [32] выявлено снижение коэффициентов перехода свинца, цинка и меди в молоко с увеличением количества ТМ в кормах, связанного как с загрязненностью территории, так и с сезонностью кормовых условий. Общей закономерностью, установленной по результатам исследований, можно считать увеличенное поступление в организм лактирующих коров тяжёлых металлов в летний пастбищный период. Способ расчёта КП из кормов рациона в молоко также не представлен.

Заключение

Изучив и проанализировав научные публикации, в которых представлены результаты определения уровней загрязнённости тяжёлыми металлами кормов и продукции животноводства (молоко, мясо КРС), а также рассчитаны коэффициенты перехода ТМ из суточного рациона в молоко (мясо), авторы сделали следующие выводы:

1. Наиболее корректно отражают информацию работы, содержащие сведения о способе расчёта коэффициентов перехода, а также данные о содержании (концентра-

ции) соответствующих тяжёлых металлов (токсикантов) в молоке и суточном рационе животных. В случае возникновения вопросов есть возможность уточнения представленных значений КП соответствующего токсиканта, зная его концентрацию или содержание в молоке и в суточном рационе путем расчётов по указанному в работе способу. При отсутствии такой возможности вероятно ситуация, когда научная публикация, несмотря на большой объём выполненных исследований, не будет представлять достаточного интереса для использования её результатов и цитирования другими специалистами.

2. В зоотехнической практике допустимые уровни (ДУ) содержания тяжёлых металлов в суточном рационе рассчитывают на основании усреднённых значений КП и предельно допустимой концентрации ТМ в молоке и мясе, регламентированные требованиями СанПиН 2.3.2.1078-01:

$$ДУ = \frac{ПДК}{КП} * 100\%. \quad (5)$$

Оценка ДУ содержания ТМ в рационе жвачных животных при учёте конкретных условий содержания и кормления разных возрастных групп, но разных подходах к расчёту КП приводит к получению результатов, достаточно отличающихся друг от друга, что затрудняет проведение сравнительного анализа значений КП различных исследований, не располагая подробным описанием условий экспериментов.

3. В современных условиях увеличения техногенной нагрузки на окружающую среду вопросы разработки научных основ для проведения мероприятий по соблюдению норм экологической безопасности в агропромышленном производстве не будут терять актуальности. Проведение экспериментальных работ, изучающих переход тяжёлых металлов по трофической животноводческой цепи, является дорогостоящим проектом, поэтому важно, чтобы информация, полученная в процессе таких экспериментов, публиковалась корректно и в оптимальном объёме. Однозначная трактовка терминов и определений, представление в публикациях полной картины проведения научно-производственных опытов способствует повышению качества исследовательских работ, связанных с анализом и обобщением многочисленных экспериментальных данных.

Список литературы

1. Ильязов Р.Г., Алексахин Р.М., Фисинин В.И. Методология исследований и экспериментов в агроэкосфере при различных типах техногенеза // *Сельскохозяйственная биология*. 2010. № 2. С. 3–17.

2. Сарычев Н.Г., Толкушкина Г.Д., Кравец В.В. Экологически безопасное мясо в зонах загрязнения // *Агрорынок*. 2010. № 12. С. 18–20.

3. Исамов Н.Н., Сироткин А.Н., Фесенко С.В., Соколова Е.В. Закономерности миграции техногенных загрязнителей в трофической цепи лактирующих коров // *Экология*. 1998. № 6. С. 441–446.

4. Ильязов Р.Г., Ахметзянова Ф.К. Обеспечение экологической безопасности продукции животноводства в условиях нефтегазового техногенеза Республики Татарстан // *Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины*. 2013. Т. 49. № 2–1. С. 69–72.

5. Методическое руководство по организации агроэкологического мониторинга, производства и сертификации экологически безопасной сельскохозяйственной продукции в условиях техногенеза / Под ред. акад. РАСХН В.И. Фисинина и чл.-корр. АН РТ Р.Г. Ильязова. Уфа: Гилем, 2013. 256 с.

6. Минхаеров Р.Р. Контаминированность ксенобиотиками с.-х. угодий, кормов и молока в техногенной зоне и меры по снижению их поступления в организм животных: дис. ... канд. биол. наук. Казань, 2015. 120 с.

7. Аверин В.С., Пятнов Ю.Н., Ненашев Р.А. Поступление свинца и кадмия в молоко коров в зависимости от способа и типа рациона в разных регионах Белоруссии // *Актуальные проблемы экологии на рубеже III тысячелетия и пути их решения*. Т. 1. Брянск: Изд-во Брянской ГСХА, 1999. С. 345–349.

8. Кушева О.В. Оценка системы «рацион – молоко» по содержанию и транслокации тяжёлых металлов в районе расположения объектов по хранению и уничтожению химического оружия // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2010. Т. 4. № 28–1. С. 95–97.

9. Кветковская А.В., Заяц В.Н., Голушко О.Г. Сезонные колебания токсикантов в кормах и молоке коров // *Зоотехническая наука Беларуси*. 2003. Т. 38. С. 204–209.

10. Сироткин А.Н., Воронов С.И., Расин И.М., Корнев Н.А., Соколова Е.А., Сидорова Е.В., Исамов Н.Н. Миграция тяжёлых металлов в трофической цепи лактирующих коров Подмосковья // *Доклады Россельхозакадемии*. 2000. № 4. С. 37–39.

11. Кудрявцев В.Н., Васильев А.В., Морозов И.А., Краснова Е.Г., Губарева О.С., Грудина Н.В. Закономерности миграции и нормирование тяжёлых металлов в трофической цепи крупного рогатого скота // *Доклады РАСХН*. 1999. № 2. С. 37–39.

12. Кузина М.В. Миграция токсичных элементов в трофической цепи в зоне повышенной техногенной нагрузки Республики Татарстан и пути снижения их поступления в организм животных: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Казань, 2013. 20 с.

13. Барановский М.В., Курак А.С., Навицкая Р.Я., Кажико О.А., Липницкая М.И., Капустин Н.К. Уровень концентрации солей тяжёлых металлов в молоке в зависимости от содержания их в рационе коров // *Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства*. Горки: Белорусская государственная с.-х. академия, 1998. С. 99–104.

14. Карнаухов Ю.А. Поллютанты в системе «почва – корма – молоко» в условиях интенсивного земледелия // *Известия ОГАУ*. 2014. № 5 (49). Часть 1. С. 137–141.

15. Карнаухов Ю.А. Технологические аспекты производства продукции животноводства при рациональном использовании генетического потенциала крупного рогатого скота и свиней: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. Уфа, 2016. 47 с.

16. Андриянова Э.М., Тагиров Х.Х., Карнаухов Ю.А. Влияние генотипа коров на коэффициенты перехода химических элементов в молоко // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2011. № 1. С. 155–158.

17. Андриянова Э.М., Карнаухов Ю.А. Биологическая эффективность коров и экологическая безопасность продукции в зависимости от генотипа // *Состояние и перспективы увеличения производства высококачественной продукции сельского хозяйства: материалы Юбилейной III Всерос.*

научно-практ. конф., посвященной 75-летию со дня рождения Савельева А.В. и 10-летию создания кафедры технологии мяса и молока ФГБОУ ВПО Башкирского ГАУ. Уфа, 2014. С. 4–7.

18. Белозубова Н.Ю. К вопросу о безопасности продукции животноводства // Социальная политика и социология. 2013. Т. 2. № 6. С. 68–74.

19. Гуркина Л.В., Иванов В.И., Воронова И.А. Зависимость качества молочной продукции от экологической обстановки в Центральном регионе Нечерноземной зоны России // Качество жизни населения и экология: монография. Пенза: Пензенский ГАУ, 2018. С. 45–66.

20. Цуциева А.У. Повышение качества молока и молочных продуктов при использовании в рационе коров активированного угля: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Владикавказ, 2008. 23 с.

21. Борцова И.Ю., Носкова Н.Е. Исследование динамики коэффициентов перехода тяжелых металлов из кормов рациона в молоко в хозяйствах пригородной зоны г. Красноярска // Проблемы современной аграрной науки: материалы Международной заочной научной конференции 15.10.2011. Красноярск: КрасГАУ, 2012. С. 60–64.

22. Гобозова Ф.Л. Технологические свойства, экологическая характеристика молока и конверсия энергии корма в энергию молока при скармливании коровам ирлита-1: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Владикавказ, 2003. 24 с.

23. Сироткин А.Н., Исамов Н.Н., Лой В.И., Соколова Е.А., Сидорова Е.В., Шокель М.О. К вопросу о миграции тяжелых металлов по цепи корм – корова – молоко // Сельскохозяйственная биология. 1997. № 2. С. 59–63.

24. Медведская Т.В., Субботин А.М. Экологическая безопасность сельскохозяйственной продукции: Учебное пособие. Витебск: УО ВГАВМ, 2013. 133 с.

25. Мишина О.Ю. Улучшение качества и экологической безопасности молока при использовании в рационах

лактлирующих коров препаратов «Унитиол» и ДАФС-25 совместно с тыквенным жмыхом: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Волгоград, 2010. 23 с.

26. Гаевая Е.В. Эколого-токсикологическая оценка сельскохозяйственной продукции юга Тюменской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тюмень, 2012. 16 с.

27. Гаевая Е.В., Захарова Е.В., Скипин Л.Н. Возможности накопления тяжелых металлов в системе «корма – молоко» // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2011. № 4. С. 54–57.

28. Гилемханов М.И. Оценка загрязнения кормов тяжелыми металлами, поступающими в организм дойных коров в условиях техногенного загрязнения агроэкосистем // Инновационное развитие современной науки: сборник статей. Уфа: РИОМЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2014. С. 3–7.

29. Кошелев С.Н., Романова О.В. Особенности перехода тяжелых металлов из рационов лактирующих коров в молоко // Научное обеспечение реализации государственных программ АПК и сельских территорий: сборник статей. Лесниково: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2017. С. 226–229.

30. Онистратенко Н.В. Распространение и нейтрализация ксенобиотиков в системе «почва – растения – животные – продукция животноводства»: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2012. 22 с.

31. Пенькова И.Н., Мишина О.Ю. Инновационные технологии производства экологически безопасных продуктов скотоводства. Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2012. 180 с.

32. Ляшук Р.Н., Буяров В.С., Ляшук А.Р. Миграция тяжелых металлов из кормов в молоко на территориях различной степени загрязненности // Современные аспекты биобезопасности продукции животноводства: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Орел: Орловский ГАУ имени Н.В. Парахина, 2018. С. 63–71.