

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 631.95:636.2

**ОБЗОР ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ
ПЕРЕХОД ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ РАЦИОНОВ
КОРМЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ
В ЖИВОТНОВОДЧЕСКУЮ ПРОДУКЦИЮ****Епифанова И.Э., Епимахов В.Г.***ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»,
Обнинск, e-mail: epifan.obninsk@gmail.com*

Рассмотрены результаты изучения ряда факторов, влияющих на величину перехода тяжелых металлов из рациона в организм крупного рогатого скота и овец. Проведение анализа научной литературы по проблеме ведения агропромышленного производства на техногенно загрязненных территориях и обоснованию способов получения в экологически неблагоприятных условиях нормативно чистой продукции животноводства позволило получить подтверждение, что тип рациона кормления, уровень концентрации токсикантов в рационе, технология содержания и кормления животных, возраст животных, длительность поступления токсикантов с кормами являются наиболее значимыми при формировании величины уровня перехода тяжелых металлов из рациона в организм крупного рогатого скота и овец, а также влияют на санитарно-экологические качества получаемой продукции. Подтверждена роль рациона кормления как фактора, оказывающего наиболее существенное влияние на поступление экотоксикантов в организм сельскохозяйственных животных. Отмечена важность влияния накопленного уровня содержания тяжелых металлов в организме на величину коэффициента перехода из рациона животных. Подчеркнута актуальность решения проблемы прижизненного определения содержания тяжёлых металлов в органах и тканях сельскохозяйственных животных как метода, позволяющего оценить и скорректировать экологическую безопасность производимой животноводческой продукции.

Ключевые слова: техногенное загрязнение, тяжелые металлы, рацион кормления, животноводство, экологически безопасная продукция

**THE MAIN FACTORS DETERMINING THE TRANSFER
OF HEAVY METALS FROM FARM ANIMALS FEEDING DIETS
TO LIVESTOCK PRODUCTS****Epifanova I.E., Epimakhov V.G.***Russian Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, e-mail: epifan.obninsk@gmail.com*

The results of studying a number of factors that affect the amount of heavy metals transfer from the diet into the cattle and sheep body are considered. The analytic investigation of scientific research literature on solving the problems of environmentally safe livestock within the anthropogenic contaminated areas made it possible to confirm that the type of feeding diet, the heavy metals concentration in the diet and the duration of their intake with feed, the technology of keeping and feeding animals, the age of the animals are the most significant factors impacting the transfer level of heavy metals from the diet into the body of cattle and sheep, and, thereby, the sanitary and ecological quality of livestock management. The conclusion about the type of feeding diet is the major factors impacting the transfer level of heavy metals from the ration to the animal's body was confirmed. The importance of the influence of the heavy metals accumulated level in the animal's body on the transfer coefficient value with the ration was noted. The actuality of solving the problem of *in vivo* determination of the heavy metals content in the organs and tissues of farm animals as a method to assess and correct the environmental safety of livestock products was emphasized.

Keywords: anthropogenic contamination, heavy metals, transfer coefficient, daily ration, feeds, cattle breeding, cows, sheep, environmentally safe products

В связи с увеличивающимися масштабами производственной деятельности человечества возрастает актуальность решения проблем ведения агропромышленного производства на техногенно загрязненных сельскохозяйственных угодьях. Являясь основой сырья промышленного производства, тяжелые металлы (ТМ) стали приоритетными загрязнителями окружающей среды [1]. Среди данных экотоксикантов такие металлы, как свинец, кадмий, ртуть, а также мышьяк, являются наиболее опасными по тяжести негативных эколого-биологических последствий при ведении животноводства

на территориях с повышенными уровнями содержания этих токсикантов. Получаемая в таких экологически неблагоприятных регионах животноводческая продукция часто не соответствуют требованиям санитарно-гигиенических нормативов, и ее употребление может негативно влиять на здоровье людей. В связи с этим при производстве молока и мяса необходимо максимально ограничить переход ТМ в пищевые продукты животного происхождения.

Цель данной работы – выявление основных факторов, определяющих величину перехода тяжелых металлов из рационов

кормления сельскохозяйственных животных в производимую продукцию (молоко и мясо) на основе изучения и анализа литературы по вопросам ведения животноводства на техногенно загрязненных территориях. Знание и учёт влияния данных факторов имеет важное значение для решения многих практических задач, связанных с организацией содержания и кормления животных, охраной окружающей среды и здоровья человека, рационального использования природных ресурсов.

Основные факторы, определяющие переход тяжёлых металлов из кормов в продукцию животноводства

Тип рациона кормления

Является самым важным и существенным фактором. Структура рациона определяет переход тяжелых металлов из кормов и кумуляцию в организме животных.

При проведении научно-хозяйственных опытов в экологически неблагоприятных хозяйствах Тульской и Орловской областей по оценке перехода тяжелых металлов из рациона КРС в молоко для различных типов рационов выявлено существенное влияние различных типов рационов на поступление токсикантов с кормом в организм коров. Самые низкие значения коэффициента перехода (КП) отмечены при использовании сеного и силосно-концентратного рационов для откорма лактирующих коров, а самые высокие – при силосном и смешанном рационах [2].

Результаты мониторинга накопления тяжелых металлов в кормовых растениях и говядине, получаемой в хозяйствах Новокубанского района Краснодарского края, показали, что свинец в большей степени накапливается в люцерне и других бобовых травах, а в меньшей степени – в кукурузе [3]. Установлено, что даже при незначительном содержании ТМ в силосе происходит их существенное накопление в мясном сыре.

При разработке научных обоснований для оптимизации подбора кормов и составления рациона, гарантирующих производство экологически безопасной продукции животноводства на техногенно загрязненных территориях, результаты пятилетних исследований по содержанию тяжелых металлов в кормах и молоке лактирующих коров в зимний и летний периоды в хозяйствах Альметьевского, Заинского и Нижнекамского районов Республики Татарстан позволили установить, что с увеличением доли содержания сырой клетчатки в рационах коэффициенты перехода ТМ из рациона в молоко уменьшаются [4].

Приведены результаты оценки содержания тяжелых металлов в пищевой цепи крупного рогатого скота и оптимизации рациона КРС с использованием льняного, тыквенного и горчичного жмыхов для животных агропромышленного комплекса юга пригородной зоны Волгограда [5]. Включение в рационы нетрадиционных жмыхов сопровождалось уменьшением содержания свинца и кадмия как в организме коров, так и в молоке, что объясняется сорбционными свойствами жмыхов из-за наличия в их составе клетчатки. Величина снижения концентрации тяжелых металлов в молоке коров в 1,2-2,5 раза, в мясе – в 1,7-2,2 раза.

Выполнен анализ зависимости перехода тяжелых металлов из рациона в молоко в экологически осложненной Северо-Восточной зоне Республики Татарстан в зависимости от состава и типа кормления, содержания клетчатки в кормах, позволяющих регулировать темпы снижения токсикантов и использовать их в качестве способа получения нормативно чистой продукции животноводства в условиях техногенного загрязнения агроэкосистем [6].

Возрастная группа животных

При проведении оценки экологической чистоты мяса, полученного при убойе баранчиков, валушков и ярок цыгайской породы, по комплексу экотоксикантов установлено, что с возрастом отмечается увеличение концентрации содержания всех тяжелых металлов по всем наблюдаемым половозрастным группам [7].

Представлены результаты исследований, выполненных в хозяйствах Свердловской области, расположенных в регионах с повышенным уровнем загрязнения свинцом, кадмием и другими тяжелыми металлами [8]. Для изучения возрастной динамики накопления свинца и кадмия в организме крупного рогатого скота были обследованы коровы возраста 5-6 лет, телки и бычки в возрасте 6 и 12-14 месяцев, а также телята до 30-дневного возраста. Подтверждено, что с возрастом происходит значительная кумуляция экотоксикантов. У телят в возрасте до 1,5 лет содержание свинца в мышцах увеличилось в 1,5 раза. У коров содержание свинца в мышцах превысило этот показатель для нетелей на 22,7%. Содержание кадмия также значительно увеличивается по мере взросления животных.

Особенностям формирования мясной продуктивности молодняка овец цыгайской породы с учетом химического состава мяса баранчиков посвящено исследование, выполненное на животных из хозяйств Саратовской области [9]. При оценке ко-

личества свинца, кадмия, ртути и мышьяка в мясе установлено, что с возрастом кумуляция токсичного свинца в организме овец возрастала.

Проведен анализ состояния биогеоценоза системы «почва – растение – животное» в различных техногенных зонах Республики Татарстан на предмет содержания солей тяжёлых металлов в органах и тканях крупного рогатого скота [10]. Установлены более низкие показатели количества ксенобиотиков в печени и почках, но большие в крови у ремонтных телок и откормочных бычков сравнительно с таковыми у дойных коров. Предполагается, что это связано с изменением возрастных адаптационных барьерных и антитоксических возможностей органов молодняка КРС к условиям техногенной нагрузки, а также с кумуляцией солей тяжёлых металлов в организме взрослых животных [10].

Определение содержания свинца и кадмия в молоке разновозрастных коров проведено в Белгородской области и Домодедовском районе Московской области [11]. Средний уровень соединений кадмия у животных в возрасте от 2,5 до 3,5 лет составляет 0,20 мг/л, в возрасте от 4 до 6 лет – 0,031 мг/л и в возрасте от 6 лет и старше – 0,053 мг/л. Примерно такое же соотношение и по уровню соединений свинца. У молодых животных он составляет 0,075 мг/л, особей среднего возраста – 0,169 мг/л и у старых животных 0,333 мг/л.

Для молодняка овец бурятского типа забайкальской породы, выращиваемого в хозяйствах Джидинского района Республики Бурятия, выполнен анализ трофической цепочки «почва – вода – корма – мышечная ткань овец», а также определено содержание тяжёлых металлов (ртуть, свинец, кадмий, мышьяк, медь, цинк) в мышцах овец и кормах зимнего и летнего рационов. Установлено, что с повышением возраста у молодняка овец содержание тяжёлых металлов в мясе имеет тенденцию к возрастанию [12].

С целью изучения возможности производства экологически чистой органической продукции животноводства проводился научно-хозяйственный эксперимент на овцах цигейской породы, выращиваемых в хозяйствах Марксовского, Базарно-Карабулакского и Питерского районов, находящихся под негативным воздействием выбросов промышленного производства г. Саратова. Установлено влияние возраста животных на органолептические показатели качества и уровень безопасности мяса овец [13].

При оценке уровней содержания тяжёлых металлов в почве, воде, кормах, мясе и внутренних органах молодняка бакурских

овец хозяйств Саратовской области установлено, что поступление ТМ в организм животных и их накопление зависит от возраста овец: при незначительной кумуляции изучаемых токсикантов у животных 6-месячного возраста уже к возрасту 12 месяцев содержание тяжёлых металлов превысило предельно допустимый уровень [14].

Содержание тяжёлых металлов в рационе

В ходе анализа миграции токсических веществ в цепи «почва – растения (корма) – молоко» установлено, что рост концентрации ТМ в молоке коров зависел от увеличения их содержания в кормах [15].

Для изучения взаимосвязи между содержанием свинца и кадмия в образцах мышц, печени и почек КРС и потребляемых кормах проведены исследования [16]. В результате установлены положительные корреляции между концентрациями свинца ($p < 0,05$, $r = 0,163$) и кадмия ($p < 0,01$, $r = 0,303$) в кормах и исследуемых органах.

При проведении исследований в хозяйствах «Чабрец» и «Сокулук» Чуйской области установлено, что избыток мышьяка в растительных кормах приводил к росту концентрации As в крови опытных животных до 40 мг/л, что в 8 раз превышало показатель контрольной группы (0,05 мг/л) [17].

Показано, что увеличение содержания тяжёлых металлов в кормах крупного рогатого скота отражается на уровне их концентрации в молоке коров независимо от того, стойловый это или пастбищный период года [18].

Представлены сведения об экологическом состоянии ряда объектов окружающей среды четырех областей Центрального региона Нечернозёмной зоны России: Вологодской, Ивановской, Костромской и Ярославской [19]. Отмечено, что переход тяжёлых металлов в молоко коров зависит от величины их содержания в кормах.

Дана характеристика основных физико-химических и технологических свойств молока в зависимости от породы, сезона года при разных способах содержания коров в хозяйствах, расположенных в зонах экологического риска [20]. Отмечено, что концентрация тяжёлых металлов в молоке коров находится в прямой зависимости от содержания их в кормовых рационах и не зависит от породных особенностей.

Для изучения уровня концентрации солей тяжёлых металлов (медь, цинк, свинец и кадмий) в молоке в зависимости от содержания их в рационе коров проведен научно-хозяйственный опыт в «Заречье» Смолевичского района Минской области. Анализ полученных данных показал, что концентрация солей тяжёлых металлов в молоке находится

в зависимости от содержания их в рационе коров. Установлены коэффициенты перехода из кормов рациона в молоко [21].

Проведен анализ экологической обстановки ряда районов Алтайского края и пригорода г. Барнаул. Установлена зависимость увеличения КП токсикоэлементов в мышечную ткань при более низком их содержании в рационе [22].

*Длительность поступления
тяжелых металлов с кормом*

С целью изучения уровня накопления экотоксикантов и разработки системы их коррекции в объектах «трофической цепи» для повышения биологического потенциала животных в аграрных предприятиях промышленного региона проводили экспериментальные исследования в зоне Урала [8; 23]. Установлено, что в районах металлургических комбинатов и крупных автомагистралей ежедневное поступление тяжелых металлов в организм животных с кормами ведёт к накоплению их в органах и тканях. Наиболее токсичные элементы – свинец и кадмий.

В связи с высокой концентрацией различных сельскохозяйственных и промышленных предприятий как на одних территориях, так и по соседству происходит загрязнение почв, воды, воздуха сельскохозяйственных угодий. Отмечается, что длительное воздействие негативных факторов приводит к снижению естественной резистентности организма и качества производимой животноводческой продукции [24].

С целью изучения возможности производства экологически чистой органической продукции животноводства проводился научно-хозяйственный эксперимент на овцах цигейской породы, выращиваемых в зонах различной степени экологической неблагополучности и с минимальной экологической нагрузкой. Отмечено, что баранина, полученная в зоне с минимальной экологической нагрузкой, содержала токсичных элементов (свинец, кадмий, ртуть, мышьяк) в 2 раза меньше, чем мясо овец из зон с напряженной и умеренной экологической нагрузкой [13].

Результаты проведения химико-токсикологических исследований подтверждают важность длительности техногенного воздействия на величину накопления токсикантов в организме сельскохозяйственных животных [25]. Отмечена прямая зависимость уровня содержания тяжелых металлов в органах и тканях животных от экологической ситуации в регионе, где они выращиваются. При этом количество соединений ртути, свинца и кадмия в органах и тканях взрослых особей больше, чем у молодняка. Это

свидетельствует о постоянном поступлении и накоплении токсикантов в организме животных и медленном их выведении.

*Технология содержания
и кормления животных*

На территории Татарстана проводились агроэкологические исследования по проблеме оптимизации рационов для лактирующих коров в целях уменьшения поступления ТМ в молоко [4]. Установлено, что при пастбищном содержании коров свинец, кадмий, медь и цинк переходят из рациона в молоко в 1,6, 2,2, 2,1, и 2,1 раза соответственно больше по сравнению со стойловым содержанием, что обусловлено потреблением животными во время пастбы почвенных частиц, загрязненных солями тяжелых металлов. Рассчитанные параметры миграции ТМ в трофической цепи лактирующих коров доказывают возможность снижения загрязнения молока в 1,5-2 раза при переводе животных с пастбищного содержания на стойлово-выгульное.

В хозяйствах Приволжского, Фурмановского и Ивановского районов Ивановской области проведена оценка уровня загрязнения свинцом и кадмием молока и мяса крупного рогатого скота, производимых в указанном регионе [26]. При сравнении результатов исследований разных лет отмечается, что максимальные концентрации Pb и Cd наблюдаются в «летних» пробах рассматриваемой продукции, минимальные – в образцах, полученных зимой, что может быть связано с особенностями рациона и содержания животных в эти периоды.

Исследования влияния выбросов техногенного характера на молочную продукцию проведены в населенных пунктах, расположенных в пойме реки Исеть, на протяжении протекания её по территории Курганской области [27]. В результате анализа содержания тяжелых металлов (меди, цинка, кадмия, свинца) в молоке коров по сезонам года установлено, что наблюдается уменьшение токсикантов в ряду весна-лето-осень-зима. Делается вывод, что заливные пастбища и сенокосы, расположенные в бассейне реки Исеть, испытывающей техногенную нагрузку, являются территориями экологического риска по кумуляции поллютантов в молоке коров. Коэффициенты перехода тяжелых металлов из рациона в молоко коров в стойловый и пастбищный периоды показали отсутствие прямой связи между наличием тяжелых металлов в кормах и молоке. Предполагается, что при увеличении токсичности рациона барьерные функции организма животных усиливаются, коэффициент перехода снижается.

Рассмотрены вопросы экологической безопасности животноводческой продукции в Республике Беларусь [28]. Значения коэффициента перехода тяжелых металлов из рациона в молоко в летне-пастбищный период выше, чем в зимне-стойловый период, и объясняются дополнительным поступлением техногенных загрязнителей в организм животных с дерниной и почвенными частицами, поскольку содержание тяжелых металлов в них значительно выше, чем в растениях.

Отмечена сезонная зависимость уровней содержания тяжёлых металлов в молоке коров путём сравнения концентраций тяжелых металлов в молоке коров по различным регионам мира за 2010-2020 гг. [29].

Оценка фактического содержания соединений свинца и кадмия в молоке крупного рогатого скота, выращенного в разных хозяйствах Белгородской области и Домодедовском районе Московской области, показала, что уровень токсикоэлементов в летний период содержания животных больше, чем в зимний период [30].

Проведен мониторинг содержания тяжёлых металлов в продуктах животноводства Западной Сибири в зависимости от экологических условий их производства [31]. Изучена динамика распределения металлов в молоке в зависимости от сезона года. Среднее содержание Cd в молоке в пастбищный период выше, чем в стойловый, в 6,5 раза ($P < 0.05$). Также результаты анализа свидетельствуют о небольшом влиянии сезона года на уровень аккумуляции Cd в молоке.

Скармливание рационов с различным уровнем свинца молодняку крупного рогатого скота в сравнении с аналогами, получавшими общехозяйственный рацион, сопровождалось более низкими коэффициентами переваримости питательных веществ – на 0.9-4.7%, способствовало его большому накоплению в продуктах убоя: сердечной мышце – в 3.2-4.1 раза, печеночной ткани – в 3.7-5.9, легочной – в 2.6-3.2, почечной – в 3.6-5.3, мышечной – в 8.6-11.2 ($P < 0.05$) [32].

Вид животных

Выявлено, что в организме лошадей кадмий кумулируется в десятки раз больше, чем у крупного рогатого скота, выращенного в тех же хозяйствах. При этом количество соединений ртути, свинца и кадмия в органах и тканях взрослых особей больше, чем у молодняка. Это свидетельствует о постоянном поступлении и накоплении токсикантов в организме животных и медленном их выведении [25].

Установлено, что одно и то же токсическое вещество у биологических организ-

мов разных видов вызывает неоднозначные клинические проявления болезни [33]. Это обусловлено не самим токсическим веществом, а средой, в которую оно проникло и где происходит его метаболизм и биологическая трансформация.

При проведении санитарно-токсикологической оценки сельскохозяйственной продукции, производимой в экологических условиях юга Тюменской области, установлена закономерность накопления тяжёлых металлов в зависимости от вида сельскохозяйственного животного [34]. Дана характеристика распределения в органах и тканях животных свинца, кадмия, мышьяка и ртути.

Многочисленные исследования химического состава органов и тканей млекопитающих выявили видовую специфичность кумуляции химических элементов. Эти различия проявляются по мере увеличения содержания тяжелых металлов в окружающей среде, а уровни кумуляции тяжелых металлов в организме зависят от экологии вида, и прежде всего от состава рационов кормления [35].

Содержание тяжелых металлов в организме

Вопрос о сроках убоя животных с учетом времени выведения токсиканта из организма является важным для получения экологически безопасной продукции. Его решение может быть достигнуто путём прижизненной количественной оценки соединений токсикантов в органах и тканях животных. Описанию состояния данной проблемы, различных подходов, позволяющих тестировать у животных содержание тяжёлых металлов, возможности оценить и скорректировать экологическую безопасность животноводческой продукции, посвящен обзор [36].

Заключение

Таким образом, на основе обзора научно-исследовательской литературы по вопросам ведения животноводства на разных по техногенной нагрузке территориях выявлены факторы, определяющие переход тяжёлых металлов из рационов кормления сельскохозяйственных животных в животноводческую продукцию. Изложенная информация может представлять интерес и быть полезной для зооинженеров, студентов экологических и аграрных вузов, специалистов в области сельского хозяйства.

Список литературы

1. Епимахов В.Г., Епифанова И.Э. Факторы, модифицирующие переход тяжелых металлов в животноводческую продукцию // Научная жизнь. 2021. Т. 16. № 2(114). С. 243-255.
2. Сироткин А.Н., Исамов Н.Н., Лой В.И., Соколова Е.А., Сидорова Е.В., Шокель М.О. К вопросу о миграции ТМ

- по цепи корм – корова – молоко // Сельскохозяйственная биология. 1997. № 2. С. 59-64.
3. Быченко Н.В., Забашта Н.Н., Головки Е.Н. Мониторинг токсичных элементов в объектах окружающей среды – требование при производстве органического мясного сырья // Сборник научных трудов Северо-Кавказского НИИ животноводства. 2017. Т. 2. № 6. С. 74-78.
 4. Ильязов Р.Г., Шакиров Ф.Х., Пристер Б.С. Адаптация агроэкосферы к условиям техногенеза / под ред. Ильязова Р.Г. Казань: Фэн: Акад. наук РТ, 2006. 669 с.
 5. Пенькова И.Н., Мишина О.Ю. Нетрадиционные жмыхи как средство коррекции качества и экологической безопасности продукции скотоводства в условиях техногенеза // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2012. № 4 (28). С. 1-4.
 6. Гилемханов М.И. Оценка загрязнения кормов тяжелыми металлами, поступающих в организм дойных коров в условиях техногенного загрязнения агроэкосистем // Инновационное развитие современной науки. Уфа: ОМЕГА САЙНС, 2014. С. 3-7.
 7. Никонина Е.А., Зырянова И.А., Юлдашбаев Ю.А. Экологический мониторинг мяса молодняка овец цыгайской породы // Актуальные проблемы животноводства в условиях импортозамещения. Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева. 2018. С. 367-370.
 8. Шкураева И.А., Белоусов А.И., Лысов А.В. Возрастная и сезонная динамика накопления тяжелых металлов в организме крупного рогатого скота в условиях техногенного загрязнения // Междунар. научно-практ. конф., посвященная 100-летию со дня рождения доктора ветеринарных наук профессора Кабаева А.А. Троицк: Южно-Уральский государственный университет, 2017. С.449-455.
 9. Сазонова И.А. Мясная продуктивность и экологическая безопасность мяса баранчиков цыгайской породы в зависимости от природно-климатической зоны Саратовской области // Овцы, козы, шерстяное дело. 2015. № 3. С. 18-20.
 10. Ежкова А.М. Биогеоценоз системы «почва-растение-животное» в различных техногенных зонах Республики Татарстан и коррекция ее местными бентонитами: дис. ... д-ра биол. наук. Казань, 2006. 397 с.
 11. Бугреева Н.Н. Содержание соединений свинца и кадмия в молоке и молочных продуктах и пути их снижения при производстве молокопродуктов: автореф. дис. ... канд. вет. наук. Москва, 1995. 21 с.
 12. Жилиякова Г.М., Лакгонова М.Д. Содержание тяжелых металлов в баранине степной зоны Республики Бурятия // Овцы, козы, шерстяное дело. 2016. № 3. С. 44-46.
 13. Карабаева М.Э., Колотова Н.А., Шевченко Н.В. Производство «органической» животноводческой продукции в условиях Саратовской области // Овцы, козы, шерстяное дело. 2017. № 3. С. 23-27.
 14. Забелина М.В., Муратова В.В., Бабочкин П.С. Повышение экологической безопасности, пищевой и биологической ценности мяса ягнят в условиях техногенного загрязнения сельскохозяйственных угодий Нижнего Поволжья // Овцы, козы, шерстяное дело. 2018. № 3. С. 30-33.
 15. Борцова И.Ю. Техногенное загрязнение естественных пастбищ красноярской лесостепи и миграция тяжелых металлов в цепи «почва-растение-продукт (молоко)»: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 2007. 21 с.
 16. Hashemi M. Heavy metal concentrations in bovine tissues (muscle, liver and kidney) and their relationship with heavy metal contents in consumed feed. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2018. № 6 (154). P. 263-267.
 17. Ногойбаев М.Д., Ногойбаева Р.С., Сагындыков Ж.С. Влияние макро- и микроэлементов и тяжелых металлов на развитие биогеоценологических патологий у КРС в Чуйской области // Вестник Кыргызского университета им. К.И. Скрябина. 2017. № 4 (45). С. 215-219.
 18. Рысина О.Н. Особенности перехода тяжелых металлов в молоко на сельскохозяйственных территориях различной степени загрязненности: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Орел, 2003. 19 с.
 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. Пенза: Пензенский ГАУ, 2018. С. 45-66.
 20. Корчагина О., Фетисова А., Иванова Н., Кутровский В. Качество молока коров в хозяйствах, расположенных в зоне экологического риска // Молочное и мясное скотоводство. 2009. № 8. С. 20-21.
 21. Барановский М.В., Курак А.С., Навицкая Р.Я. Уровень концентрации солей тяжелых металлов в молоке в зависимости от содержания их в рационе коров // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. Горки, 1998. С. 4.
 22. Толкушкина Г. Д., Кашин А. С. Миграция токсичных элементов в трофической цепи Алтайского края // Вестник Алтайского гос. аграрного ун-та. 2004. № 2 (14). С. 71-73.
 23. Донник И.М., Шкураева И.А., Хасина Э.И., Якубенко Е.В. Динамика накопления экотоксикантов в биологических ресурсах регионов с интенсивной антропогенной нагрузкой // Ветеринария Кубани. 2012. № 6. С. 21-24.
 24. Кривоногова А.С., Суздальцева М.А., Исаева А.Г. Элиминация экотоксикантов из трофических цепей // Ветеринария Кубани. 2015. № 4. С. 19-22.
 25. Корякина Л.П., Григорьева Н.Н., Павлова А.И. Содержание тяжелых металлов в говядине в зависимости от биогеопроевнций Якутии // Ветеринария и кормление. 2021. № 3. С. 23-26.
 26. Журавлева Н.И., Гуркина Л.В., Лебедева М.Б. Свинец и кадмий в продукции животноводства // Актуальные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса. Иваново: ФГБОУ ВПО Ивановская государственная с.-х. академия им. Д.К. Беляева, 2014. С. 310-313.
 27. 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. Лесниково: Курганская государственная с.-х. академия им. Мальцева, 2017. С. 226-229.
 28. Медведская Т.В., Субботин А.М. Экологическая безопасность сельскохозяйственной продукции: учебное пособие. Витебск: УО ВГАВМ, 2013. 133 с.
 29. Boudebou A., Boudalia S., Bousbia A., Nabila S., Boussadia M.I., Gueroui Y. Heavy metals levels in raw cow milk and health risk assessment across the globe: A systematic review. *Science of Total Environment*. 751. 2021. № 141830. P. 2-13.
 30. Мармулева Н.И., Овчинникова Л.А., Понуровский В.А., Шеронова П.Н. Тяжелые металлы в окружающей среде и молоке коров Новосибирской области // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий. Новосибирск: ИЦ «Золотой колос», 2017. С. 295-298.
 31. Поберухин П.М. Эффективность использования сорбентов при различной концентрации свинца в рационах молодняка крупного рогатого скота: автореферат дис. ... канд. с.-х. наук. Оренбург, 2012. 20 с.
 32. Колесников В.А. Эколого-токсикологические аспекты воздействия соединений свинца на биологические объекты: автореф. дис. ... докт. биол. наук. Красноярск, 2003. 36 с.
 33. Гаева Е.В. Эколого-токсикологическая оценка сельскохозяйственной продукции юга Тюменской области: специальность 03.02.08 «Экология (по отраслям)»: дис. ... канд. биол. наук. Тюмень, 2012. 187 с.
 34. Жуйкова Т.В., Безель В.С. Экологическая токсикология: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры. М.: Юрайт, 2019. 362 с.
 35. Епимахов В.Г., Саруханов В.Я. Прижизненная оценка накопления тяжелых металлов в организме сельскохозяйственных животных (обзор) // Бюллетень науки и практики. 2020. Т. 6. № 4. С. 215-213.