

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная
академия»

На правах рукописи

Куликова Марина Сергеевна

**КОРРЕКЦИЯ ГИПОМИКРОЭЛЕМЕНТОЗОВ У ТЕЛЯТ И КОЗЛЯТ
СОЕДИНЕНИЯМИ Cu, Zn, Mn, Co, Fe И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО
МЯСА.**

06.02.05 -ветеринарная санитария, экология, зоогигиена и ветеринарно-
санитарная экспертиза

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание учёной степени
кандидата ветеринарных наук

Научный руководитель:
доктор ветеринарных наук,
профессор Крысенко Юрий
Гаврилович

Ижевск – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	16
1.1 Роль химических элементов в организме.....	16
1.1.1 Биологическая роль железа.....	17
1.1.2 Биологическая роль меди.....	17
1.1.3 Биологическая роль цинка.....	19
1.1.4 Биологическая роль марганца.....	21
1.1.5 Биологическая роль кобальта.....	22
1.2. Антагонизм и синергизм микроэлементов.....	23
1.3 Микроэлементозы.....	26
1.3.1 Недостаток микроэлементов в организме животных.....	26
1.3.2 Избыток микроэлементов в организме животных.....	28
1.4 Микроэлементы в кормах.....	30
1.4.1 Факторы, влияющие на содержание микроэлементов в растительных кормах.....	30
1.4.2 Сбалансированность рациона животных по содержанию микроэлементов.....	32
1.4.3 Необходимость корректировки рационов животных.....	33
1.5 Влияние содержания микроэлементов в организме животных на качество мясной продукции.....	34
1.6 Кормовые добавки, содержащие соединения металлов микроэлементов.....	36
Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.....	39
2.1 Места проведения исследований.....	39
2.2 Лабораторные животные, использованные в исследовании и условия их содержания.....	39
2.3 Сельскохозяйственные животные, использованные в исследовании	40

2.4 Материалы.....	40
2.4.1 Реактивы.....	40
2.4.2 Вещества, перорально вводимые животным.....	40
2.4.3 Наборы реагентов для определения биохимических показателей.....	40
2.4.5 Оборудование.....	41
2.5 Методы проведения исследований.....	41
Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.....	43
3.1 Требования к создаваемым кормовым добавкам.....	43
3.2 Общая концепция разработки.....	44
3.3 Оценка стабильности комплексных соединений, при разных значениях рН.....	46
3.4 Разработанные кормовые добавки.....	50
3.5 Исследования безопасности кормовой добавки на лабораторных животных (мышьях).....	52
3.5.1 Оценка местного раздражающего действия растворов.....	52
3.5.2 Оценка общего токсического действия в дозировках, планируемых к дальнейшему применению.....	53
3.6. Исследования на козлятах.....	56
3.6.1 Условия содержания козлят и зоогигиенические параметры микроклимата.....	56
3.6.2 Результаты определения содержания микроэлементов в корме козлят.....	57
3.6.3 Схема проведения исследования на козлятах.....	58
3.6.4 Результаты биохимических исследований крови козлят.....	60
3.6.5 Результаты гематологических исследований у козлят.....	67
3.6.6 Оценка общего состояния и прироста массы козлят.....	74
3.6.7 Химический состав и биологическая ценность мяса козлят.....	75
3.6.7.1 Оценка мясной продуктивности козлят.....	75

3.6.7.2 Оценка содержания микроэлементов в мясе козлят.....	77
3.6.7.3 Оценка биологической ценности мяса козлят.....	78
3.6.8 Ветеринарно-санитарная экспертиза туш и внутренних органов козлят.....	81
3.6.8.1 Оценка органолептических показателей мяса козлят.....	82
3.6.8.2 Физико-химическое исследование качества мяса козлят.....	83
3.6.8.3 Микроскопическое исследование мяса козлят.....	83
3.6.8.4 Микробиологическое исследование мяса козлят.....	84
3.6.9 Обсуждение результатов исследований на козлятах.....	85
3.7 Исследования на телятах.....	86
3.7.1 Условия содержания телят и зоогигиенические параметры микроклимата.....	86
3.7.2 Результаты определения содержания микроэлементов в корме телят.....	86
3.7.3 Схема проведения исследования на телятах.....	88
3.7.4 Результаты биохимических исследований крови телят.....	89
3.7.5 Результаты гематологических исследований у телят.....	96
3.7.6 Оценка общего состояния и прироста массы телят	101
3.7.7 Химический состав и биологическая ценность мяса телят.....	103
3.7.7.1 Оценка мясной продуктивности телят	103
3.7.7.2 Биохимический состав мяса телят	104
3.7.7.3 Оценка биологической ценности мяса телят.....	105
3.7.8 Ветеринарно-санитарная экспертиза туш и внутренних органов телят	108
3.7.8.1 Оценка органолептических показателей мяса телят	108
3.7.8.2 Физико-химическое исследование качества мяса телят	109
3.7.8.3 Микроскопическое исследование мяса телят	110

3.7.8.4 Микробиологическое исследование мяса телят	110
3.7.9 Обсуждение результатов исследований на телятах	111
3.8 Расчёт экономической эффективности.....	112
3.9 Дальнейшее совершенствование кормовых добавок.....	118
3.9.1 Высококонцентрированные растворы комплексных соединений металлов микроэлементов с сахарозой, глицерином и молочной кислотой.....	118
3.9. 2 Разработка наборов сухих реагентов для приготовления ex tempore растворов комплексных соединений меди, цинка, кобальта, железа и марганца с глицином.....	122
3.9.3 Перспективы дальнейшей разработки темы.....	125
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	126
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	131
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.	132
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	133
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	158

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Продуктивность и здоровье сельскохозяйственных животных во многом зависят от качества и химического состава кормов, которые должны содержать все необходимые для роста и развития вещества, в том числе и соединения микроэлементов.

Микроэлементы присутствуют в организме животных в небольших количествах, но выполняют множество важных функций. Недостаток даже одного микроэлемента способен нарушить протекание многих биохимических процессов и привести к серьёзным нарушениям всех видов обмена. Заболевания, связанные с недостатком микроэлементов (гипомикроэлементозы), встречаются весьма часто и наносят большой ущерб животноводческим хозяйствам.

Среди микроэлементов заслуживают серьёзного внимания железо, медь, марганец, кобальт, цинк. Их биологическая роль весьма многогранна. Они входят в состав активных центров множества ферментов (Ковалёнок Ю.К., 2012; Шленкина Т.М., 2013; Корочкина Е.А., 2016; Ковзов В.В. и др., 2014).

Недостаток микроэлементов в организме животных обусловлен недостаточным поступлением с растительными кормами и водой.

Недостаток данных микроэлементов в кормах и воде обычно обусловлен биогеохимическими особенностями той или иной местности. Кроме того, немаловажную роль играет биодоступность их соединений, которая зависит в том числе, и от качества корма. При гниении кормов могут образовываться нерастворимые соединения (например, сульфиды) металлов- микроэлементов, которые очень плохо всасываются в ЖКТ животных.

Опасно для животных и избыточное поступление железа, меди, марганца, цинка и кобальта, которое проявляется как отравление тяжёлыми металлами. При этом ионы соответствующих металлов способны взаимодействовать с сульфгидрильными (-SH) группами белков, вызывая их денатурацию (Тюкавкина Н. А., 2008). Кроме того, ионы данных металлов способны образовывать с белками комплексные соединения разной прочности, изменяя их биологическую активность.

Особенно опасно нарушение структуры ферментов или рецепторов, способное дезорганизовать деятельность клеток и организма в целом.

Избыточное поступление железа, меди, марганца, кобальта, цинка в организм животных обычно связано с их повышенным содержанием в воде и корме. Оно может быть обусловлено, химическими свойствами почв и вод данной местности, загрязнением окружающей среды промышленными выбросами, а также неправильным применением минеральных кормовых добавок.

Необходимо отметить, что избыток металлов- микроэлементов, поступивших в организм животных выводится с фекалиями и мочой, загрязняя окружающую среду. С каждым годом эта проблема становится всё более актуальной (Кощаева О.С., 2018; Стекольников А.А. и др., 2019). Избыток металлов- микроэлементов отрицательно сказывается на качестве молока, мяса и субпродуктов, употребляемых в пищу человеком.

Взаимодействие между ионами различных металлов- микроэлементов является достаточно сложным. Ионы данных металлов имеют близкий ионный радиус. За счёт этого они могут конкурировать друг с другом за встраивание в активные центры металлоферментов (Страйер Л., 1985).

Ионы металлов способны конкурировать друг с другом за связывание с белками- переносчиками.

Возможны и другие типы конкурентных взаимодействий.

Данными обстоятельствами во многом обусловлен биохимический (физиологический) антагонизм микроэлементов. Вместе с тем, в отношении некоторых процессов ионы металлов- антагонистов могут проявлять и синергическое действие (Спицына С.Ф., 2014).

Для восполнения дефицита микроэлементов широко применяются минеральные кормовые добавки. Однако их использование является далеко не всегда рациональным, в первую очередь это касается многокомпонентных добавок, содержащих соединения нескольких микроэлементов.

При их использовании, восполняя дефицит одного микроэлемента, можно получить передозировку другого, если тот содержался в организме животного в достаточном количестве.

Поэтому более рациональным было бы использование монокомпонентных добавок, либо многокомпонентных добавок, рецептуры которых составлялись бы с учётом антагонизма и синергизма, содержания микроэлементов в почвах каждого из регионов, а лучше, с учётом потребностей каждого конкретного хозяйства.

Рецептуры кормовых добавок обычно составляют без учета антагонизма и синергизма микроэлементов, как друг с другом, так и с различными веществами. Это снижает эффективность их применения.

В составе кормовых добавок очень часто используют неорганические соли (обычно сульфаты или хлориды) металлов- микроэлементов. Данные вещества относительно недороги, но их использование имеет ряд недостатков, связанных с недостаточно высокой биодоступностью и высоким риском отравления при передозировке.

В последние годы всё шире применяются в составе кормовых добавок хелатные комплексные соединения. Необходимо отметить, что далеко не все они одинаково эффективны. Если комплексное соединение имеет слишком высокую устойчивость, то после всасывания в ЖКТ и поступления в клетки оно практически не будет разлагаться с высвобождением ионов металла- микроэлемента, что не позволит последнему включиться в метаболические процессы (Коэльман Э., 2016; Fairweather-Tait S.J., 1996).

Слишком нестабильные хелатные комплексные соединения, наоборот, будут очень легко разлагаться в ЖКТ и не будут иметь практически никаких преимуществ перед неорганическими солями.

Таким образом, целесообразно использовать хелатные комплексные соединения с умеренно высокой устойчивостью. Другим путем решения проблемы (описанным в данной работе) может являться использование равновесных систем, обеспечивающих образование разных по составу комплексных соединений, устойчивых при разных условиях.

Стабильность хелатных комплексных соединений будет зависеть от pH, величина которого в разных отделах ЖКТ сильно различается. Данное обстоятельство обычно не учитывается производителями кормовых добавок.

Достаточно широко распространено мнение, что при использовании кормовых добавок на основе хелатных комплексных соединений полностью устраняется проявление антагонизма микроэлементов. Данную точку зрения нельзя считать полностью верной. Действительно, может значительно слабее проявляться антагонизм на этапе всасывания в ЖКТ, но он не может быть полностью устранён в плане конкуренции металлов- микроэлементов за связывание с белками переносчиками и включения в активные центры металлоферментов.

Кормовые добавки содержащие хелатные комплексные соединения, как правило, существенно дороже по сравнению с кормовыми добавками на основе неорганических солей.

Имело бы несомненный практический интерес решение данной проблемы. Это может быть достигнуто за счёт синтеза данных соединений непосредственно в процессе приготовления кормовой добавки. Этого легче всего достичь при создании жидких кормовых добавок, что и было показано в данной работе.

Таким образом, является актуальной проблема создания кормовых добавок, содержащих хелатные комплексные соединения, но лишённых указанных выше недостатков.

На основании указанных предпосылок было сделано предположение, что микроэлементы целесообразно вводить: а) в составе хелатных комплексных соединений; б) отдельно друг от друга.

Для подтверждения правильности данного предположения было необходимо провести эксперименты, при которых осуществлялось бы отдельное введение соединений указанных микроэлементов (с интервалом не менее суток). Затем на протяжении нескольких недель отслеживалась бы динамика изменения концентрации микроэлементов в крови, динамика основных биохимических и гематологических показателей, а также общего состояния и привесов животных.

Аналогичные эксперименты необходимо провести при использовании неорганических солей микроэлементов (при такой же схеме введения) и сопоставить полученные результаты.

Всё перечисленное также было сделано в рамках данной работы.

Степень разработанности темы. В научной литературе широко описано применение кормовых добавок содержащих хелатные комплексные соединения металлов микроэлементов, в том числе, железа, меди, цинка, марганца, кобальта. (Усачев И.И. и др., 2019; Коэльман Э., 2016; Рыжов А.А., 2015; Лебедев В.В. и др., 2015; Корочкина Е.А., 2016; Ерыженская Н.Ф., 2018; Yoshikawa T., 1995; Ландвер Б., 2018; Арсанукаев Д.Л. и др., 2018; Богороденко С.В., 2016; Берестов Д.С. и др., 2018; Stagsted J., 2005; Whitaker D.A., 1982; Williams R.B., 1970; Aiba Hiroi, 1974; Atkins P.W., 1991; Jeppsen R. B., 2001; Palumbo M., 1977; Мерзлякова О.Г. и др., 2016; Ариповский А.В., 2011; Иванова А.С., 2017; Литвиненко Н.В. и др., 2018; Кравцова О.А., 2017).

Тем не менее, практически не уделяется внимание вопросам, связанным со стабильностью используемых комплексных соединений, в том числе при различных значениях рН. Не уделяется достаточное внимание антагонизму и синергизму при совместном использовании комплексных соединений разных металлов- микроэлементов. Следовательно, требуются дальнейшие исследования в указанных направлениях.

Цель и задачи исследований

Цель: оценить состояние здоровья животных, мясную продуктивность и качество мяса при коррекции гипомикроэлементозов хелатными соединениями Cu, Zn, Mn, Co, Fe.

Задачи:

1. Получить растворы хелатных соединений Cu, Zn, Co, Mn, Fe с нужными свойствами и оценить безопасность их использования в экспериментах на лабораторных животных.

2. Оценить влияние использования данных растворов, а также растворов неорганических солей на общее состояние, гематологические и биохимические показатели козлят и телят, испытывавших дефицит микроэлементов.

3. Определить химический состав и биологическую ценность мяса телят и козлят при использовании хелатных соединений Cu, Zn, Mn, Co, Fe.

4. Провести комплексную ветеринарно-санитарную экспертизу и оценку туш и органов телят и козлят при использовании хелатных соединений Cu, Zn, Mn, Co, Fe.

Теоретическая и практическая значимость работы. В ходе данной работы были созданы жидкие кормовые добавки для сельскохозяйственных животных. Предложено несколько новых решений, позволяющих повысить усвояемость микроэлементов животными и максимально снизить проявление их антагонизма. Доказана эффективность и безопасность применения данных кормовых добавок, а также положительное влияние на качество получаемой мясной продукции. Предложен ряд теоретических решений, которые могут быть успешно применены для создания и производства жидких кормовых добавок различного назначения и их применения в животноводстве.

Методология и методы исследования. Получение растворов хелатных комплексных соединений осуществлялось путём добавления к водным растворам их солей необходимых веществ. рН растворов доводили до требуемых значений.

В экспериментах на мышах осуществляли оценку местно-раздражающего действия по общепринятой методике (Санецкий И.В., 1970). Также выполнялась оценка токсического действия растворов хелатных комплексных соединений металлов-микроэлементов и растворов их неорганических солей в тех же дозировках (мг/кг), какие давались козлятам или телятам в последующих экспериментах. При этом на мышах полностью моделировался каждый из экспериментов на сельскохозяйственных животных. Проводилась оценка общего состояния мышей, осмотр, взвешивание. После выведения из эксперимента выполнялось патологоанатомическое исследование.

У сельскохозяйственных животных (козлят и телят), (получавших указанные выше растворы комплексных соединений или неорганических солей металлов-микроэлементов) проводилась оценка общего состояния, волосяного покрова, двигательной активности и т.д. Выполнялось биохимическое и гематологическое исследование крови. Взвешивание животных. Часть животных подвергалась диагностическому убою, при этом выполнялось патологоанатомическое исследование, ветеринарно-санитарная оценка качества туши, мяса и субпродуктов по общепринятой методике. Оценивалось содержание микроэлементов в мясе.

В дальнейшем, в экспериментах на крысах по общепринятой методике оценивали биологическую ценность мяса телят и козлят.

Также выполнялось определение содержания микроэлементов в кормах и воде, получаемых сельскохозяйственными животными.

Достоверность полученных результатов. Данные представлены в виде средней арифметической величины (M) и среднего квадратического отклонения (σ). Оценку достоверности различий двух совокупностей проводили с помощью расчёта непараметрического критерия Вилкоксона-Манна-Уитни.

Качество полученных результатов. Для получения хелатных комплексных соединений железа, меди, цинка, кобальта, марганца применялись реактивы марки «ч.» или «ч.д.а.». Биохимические и гематологические исследования осуществлялись в аттестованных лабораториях. Ветеринарно-санитарная экспертиза мяса проводилась в соответствии с общепринятыми методиками. Эксперименты на лабораторных и сельскохозяйственных животных выполнены в соответствии с общепринятыми требованиями. Условия содержания сельскохозяйственных животных соответствовали зоогигиеническим требованиям.

Апробация результатов. Основные положения диссертационной работы представлены на следующих конференциях (мероприятиях): Международная научно-практическая конференция «Аграрная наука - сельскохозяйственному производству» (Ижевск, 2019 г.); Всероссийская научно-практическая

конференция, посвященная 80-летию профессора Н.Н. Новых (Ижевск, 2019 г.); Международная научно-практическая конференция, посвященная 20-летию факультета ветеринарной медицины Ижевской ГСХА (Ижевск, 2020 г.); Международная научно-практическая конференция, посвященная 70-летию ректора Ижевской ГСХА профессора А.И. Любимова (Ижевск, 2020 г.); Национальная научно-практическая конференция молодых ученых «Интеграционные взаимодействия молодых ученых в развитии аграрной науки» (Ижевск, 2020 г.); Международная научно-практическая конференция, посвященная году науки и технологии в России (Ижевск, 2021г.); Всероссийская научно-практическая конференция, посвященная 70-летию доктора ветеринарных наук, профессора Геннадия Николаевича Бурдова и 60-летию доктора ветеринарных наук, профессора Юрия Гавриловича Крысенко (Ижевск, 2021 г.); Всероссийский конкурс на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Министерства сельского хозяйства РФ по Приволжскому федеральному округу. (II этап) ФГБОУ ВО «Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана» (Казань, 2020 г.); Всероссийский конкурс на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Министерства сельского хозяйства РФ по Приволжскому федеральному округу. (II этап) «Вятский государственный агротехнологический университет» 2021г., *(диплом 3 степени)*; Всероссийский конкурс на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых аграрных вузов РФ по направлению «Биологические науки» в дистанционной форме. (III этап) «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина» 2021 г.

Внедрение результатов. Результаты исследований внедрены в работу животноводческого хозяйства: АО «Путь Ильича», а также в работу предприятий (организаций) химической промышленности: ООО «Приволжская химия», ООО «Производственная компания Ижсинтез - Химпром», ООО «Торговый дом Ижсинтез – Химпром», ООО «Камский Агроснаб».

Теоретические положения диссертационного исследования были внедрены в учебный процесс факультета ветеринарной медицины ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия» и используются при преподавании следующих дисциплин «Ветеринарно-санитарная экспертиза», «Ветеринарная фармакология. Токсикология», «Клиническая фармакология», «Биологическая химия», «Физиология и этология животных», «Клиническая Физиология», «Патологическая физиология».

Научная новизна

1. Впервые в биогеохимической провинции Удмуртской Республики разработаны жидкие кормовые добавки, содержащие хелатные соединения Co, Zn, Fe, Cu, Mn. При этом в растворе возможно существование нескольких комплексных соединений того или иного из указанных микроэлементов с разными лигандами, находящимися в динамическом химическом равновесии. В подобных системах ионы (атомы) металлов находятся в хелатированном состоянии при достаточно широком диапазоне значений pH. Целенаправленно в работах других исследователей данный подход при разработке кормовых добавок не использовался.

2. Показана эффективность применения растворов полученных хелатных соединений по схеме, включающей их отдельное введение животным и обеспечивающей уменьшение проявления антагонизма микроэлементов.

3. Показана более высокая эффективность применения в качестве жидких кормовых добавок данных растворов хелатных комплексных соединений по сравнению с растворами неорганических солей (даваемых животным по той же схеме и в тех же дозировках). В частности, отмечено более выраженное повышение содержания вводимых микроэлементов в крови животных и мясе.

4. Разработаны наборы сухих реагентов для получения растворов хелатных комплексных соединений железа, меди, цинка, кобальта, марганца непосредственно перед их применением.

Положения, выносимые на защиту

1. В экспериментах на лабораторных животных необходимо доказать безопасность применения предложенных растворов хелатных соединений Co, Zn, Fe, Cu, Mn.
2. Оценить эффективность восполнения дефицита микроэлементов при введении животным по предложенной схеме растворов хелатных соединений микроэлементов и растворов неорганических солей.
3. Сравнить динамику повышения содержания микроэлементов в крови, получаемом мясе при использовании хелатных соединений микроэлементов и растворов неорганических солей.
4. Оценить органолептические и физико-химические показатели мяса телят и козлят и их биологическую ценность.

Личный вклад автора в выполнение научной работы. Автором лично выполнялся синтез описанных соединений и оценка стабильности их растворов при разных значениях pH. Выполнены все эксперименты на лабораторных и сельскохозяйственных животных, а также часть лабораторных исследований (за исключением тех которые выполнялись в специализированных аттестованных лабораториях). Самостоятельно выполнена обработка полученных результатов.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 13 научных работ, из них 3 в журналах, рекомендованных перечнем ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, 1 статья в журнале, индексируемом Scopus, 9 статей и тезисов в других изданиях, а также 1 патент РФ на изобретение.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 166 страницах печатного текста, включает 41 таблицу и 34 рисунка и содержит следующие разделы: «введение», «обзор литературы», «материалы и методы», «результаты и обсуждение», «заключение». Список цитируемой литературы включает 201 источник в т.ч. 159 отечественных и 42 зарубежных. Приводятся практические рекомендации по использованию результатов исследования, а также приложения.

Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Роль химических элементов в организме

В живом организме в составе различных соединений присутствуют многие химические элементы. Относительное содержание некоторых из них достаточно велико и превышает 0,01%. Такие элементы называют макроэлементами.

Макроэлементы, содержание которых наиболее велико называются органогенными элементами. К ним относятся кислород ($\approx 65\%$), углерод ($\approx 18\%$), водород ($\approx 10\%$), азот ($\approx 3\%$). Данные элементы входят в состав молекул органических веществ. Кроме того, водород и кислород входят в состав молекул воды, содержание которой в организме велико.

К макроэлементам также относятся P, S, Ca, Mg, Na, K, Cl. Общее их содержание в организме составляет около 1,8%.

Химические элементы, присутствующие в организме в следовых количествах (0,000001% и ниже) называются ультрамикроэлементами. Биологическая роль большинства из них не выяснена или отсутствует. Многие из них являются токсичными для организма и поступают в него из внешней среды.

Микроэлементами называют те элементы, содержание которых в организме составляет 0,001 - 0,00001%. К этой группе относятся Cu, Zn, Fe, Co, Mn, F, Br, I, Se, Mo, Cr.

Биологическая роль микроэлементов весьма разнообразна (Ковалёнок Ю.К., 2012; Воробьев В.И. и др., 2013; Богороденко С.В., 2016; Разумовский Н. и др., 2018).

Например, Cu, Zn, Fe, Co, Mn, Mo, Cr могут выступать в качестве (или в составе) коферментов. Йод входит в состав гормонов Т3 и Т4, кобальт - в состав цианокобаламина (витамина В12), а железо - в состав гемоглобина, миоглобина, цитохромов. Селен (наряду с марганцем, цинком, медью и др.) участвует в механизмах антиоксидантной защиты. Фтор входит в состав фторапатита зубной эмали (Гаврюшина И.В., 2015; Cay Mc. P.V., 1985; Mutetikka D.V., 1993; Медведева Т.В., 2013).

Для животноводства большой интерес представляют такие металлы-микроэлементы, как железо, медь, цинк, марганец, кобальт (Ковалёнок Ю.К., 2012). Именно они и будут рассматриваться далее.

1.1.1 Биологическая роль железа

Железо является компонентом гемсодержащих белков гемоглобина и миоглобина, входит в состав таких ферментов, как цитохромы, цитохромоксидаза, пероксидаза.

Железо играет важную роль в окислительно-восстановительных процессах, транспорте электронов по дыхательной цепи, деятельности фагоцитирующих клеток, транспорте кислорода, образовании и разложении перекисных соединений (Ковзов В.В., 2014; Деркач И.М., 2018).

Недостаток железа вызывает развитие анемии, замедление роста, снижение аппетита животных (Антипов О.В., 2016; Машкина Е.И. и др., 2018; Ковзов В.В., 2014; Aslam M.F., 2014; Koury M.J., 1992) повышает вероятность развития инфекционных заболеваний.

Железо всасывается в ЖКТ в достаточно небольшом количестве (5-15% от содержания в корме). При этом необходимо восстановление Fe^{3+} до Fe^{2+} . Данный процесс протекает с участием витамина С (Разумовский С. Н. и др., 2018). Поэтому при пероральном поступлении железа в виде неорганических солей соли Fe^{2+} усваиваются легче, чем соли Fe^{3+} (Герман Н.В., 2011).

Улучшают всасывание железа простые углеводы и аминокислоты (Герман Н.В., 2011; Arosio P., 2015; Ashmed S.D., 2001; Roskopf W.J., 1991). (Что, вероятно, можно объяснить образованием комплексных соединений).

На обмен железа значительное влияние оказывает содержание в организме меди.

1.1.2 Биологическая роль меди

Медь входит в состав активных центров многих ферментов: монооксидаз, полиоксидаз, цитохромоксидаз, аминоксидаз, тирозиназы и др. (Разумовский С. Н. и др., 2018; Корочкина Е.А., 2016; Knazicka Z., 2014). С этим связано ее участие

во множестве биохимических процессов (Шагалиев Ф. и др., 2018; Белькевич И.А. и др., 2013; Harris E.D., 2000), в том числе: химической модификации коллагена и эластина, синтезе меланина (Белькевич И.А. и др., 2013), в окислительно-восстановительных реакциях (Разумовский С. Н. и др., 2018), защите от перекисей и свободных радикалов (Богороденко С.В., 2016), реакциях дезаминирования, инактивации нейромедиаторов, тканевом дыхании, углеводном, минеральном и белковом обмене (Корочкина Е.А., 2016), в регуляции обмена углекислого газа и (Разумовский С. Н. и др., 2018), образовании гемоглобина, регуляции фагоцитарной активности лейкоцитов (Сизова Е.А. и др., 2016).

Медь имеет важное значение для процессов, связанных с обменом железа: мобилизации железа из печени и клеток ретикулоэндотелиальной системы, включения железа в структуру гема (Корочкина Е.А., 2016).

Небольшое количество меди способствует всасыванию железа в ЖКТ. Однако при избытке меди этот процесс замедляется. При избытке меди развивается анемия, сопровождающаяся снижением содержания железа в крови и печени и уменьшением способности трансферрина связывать железо (Сизова Е.А. и др., 2016).

Медь необходима для процессов эритропоэза, капиллярогенеза, остеогенеза, формирования соединительной ткани (Белькевич И.А. и др., 2013), кератинизации волос (Корочкина Е.А., 2016).

Медь участвует в процессах, связанных с образованием молока, в частности, способствует увеличению выработки белка и молочного жира (Корочкина Е.А., 2016). Препятствует развитию маститов у коров (Богороденко С.В., 2016).

При недостатке меди развивается анемия, нарушается работа репродуктивной системы (снижение плодовитости, удлинение полового цикла), сердечно-сосудистой системы, нервной системы (паралич передних и задних конечностей). Отмечаются: потеря аппетита, снижение потребления корма, истощение, задержка роста и развития, снижение продуктивности животных (Корочкина Е.А., 2016; Ламанд Г., 2013; Harris E.D., 2000; Антипов О.В., 2016; Шагалиев Ф. и др., 2018; Braude R., 1982).

Уровень усвоения меди, поступающей с кормом, невысок и у коров составляет примерно 30%. Он снижается при присутствии в кормах кадмия, а также при избытке в них молибдена, серы, железа, кальция и цинка (Разумовский С. Н. и др., 2018).

В ЖКТ животных наиболее интенсивно всасывание меди происходит в желудке и тонком кишечнике. В слизистой оболочке содержится металлотионин, образующий с ионами меди комплексные соединения.

В крови происходит образование комплексных соединений меди с аминокислотами, сывороточным альбумином, транспортным белком транскуприном и с церулоплазмином (Герман Н.В., 2011; Brown D.H., 1979).

1.1.3 Биологическая роль цинка

Цинк входит в состав активных центров многих металлоферментов, например карбоангидразы, карбоксипептидазы, ДНК-полимеразы (Кощаева О.С., 2018). Цинк принимает участие в протекании таких процессов, как биосинтез белка, химическая модификация коллагена (Ладанова М.А. и др. 2015), выработка стероидных гормонов (Кощаева О.С., 2018), регуляция минерального обмена (Корочкина Е.А., 2016).

Цинк необходим для стабилизации структуры белково-пептидных гормонов (инсулина, глюкагона, гормонов гипофиза), стабилизации структуры РНК. Влияет на активность нейтрофилов, процессы свертывания крови, функционирование мембран клеток. В костной ткани цинк оказывает влияние на минеральный обмен, активизирует щелочную фосфатазу, угнетает активность каталазы и цитохромоксидазы (Ладанова М.А. и др. 2015).

Цинк необходим для нормального функционирования половой и эндокринной систем (за счет влияния на работу гипофиза и половых желез), иммунной системы, опорно-двигательного аппарата, сердечно-сосудистой системы (Кощаева О.С., 2018; Андреева А.В., 2009; Корочкина Е.А., 2016; Kellogg D.W., 1990; Разумовский С. Н. и др., 2018).

Содержание цинка в организме коров значительно влияет на их молочную продуктивность, содержание белка и жира в молоке (Иванова А.С., 2013; Костомахин Н.М. и др., 2019; Хомин М.М. и др., 2014; Согорин С.А. и др., 2018; Комиссаров И.М., 2018).

Цинк всасывается в сычуге и тонком кишечнике (Ладанова М.А., и др. 2015; Разумовский С.Н. и др., 2018). Усвояемость (в составе неорганических соединений) составляет 40- 50% (Разумовский С.Н. и др., 2018). Усиливают всасывание цинка некоторые аминокислоты (гистидин, цистеин, триптофан) витамин В6 и металлотioneин (Ладанова М.А., и др. 2015).

При недостатке цинка уменьшается содержание данного микроэлемента в крови и тканях, снижается активность ряда ферментов: фосфатазы и карбоангидразы крови, карбоксипептидазы (А и В) поджелудочной железы, лактатдегидрогеназы (в мышцах, почках, сердце), алкагольдегидрогеназы семенников (Бомко В.С. и др., 2016; Prasad A.S., 1969). Уменьшается интенсивность ферментативных процессов в преджелудках, что вызывает нарушение переваривания корма (Бомко В.С. и др., 2016).

При недостатке цинка характерны выпадение шерсти (аллопеции в области хвоста и головы), поражение кожи (раны, эрозии и глубокие расчесы, ороговение в области крупа и суставов) (Белькевич И.А., 2013; Макарова М.Н., 2017; Дронов В.В. и др., 2017). Может отмечаться хромота при ходьбе, обусловленная нарушением формирования хрящевой ткани и лыжеобразным разрастанием копытцевого рога, утолщением каймы и венчика в виде валика (Дронов В.В. и др., 2017). Часто отмечается увеличение суставов (Антипов О.В., 2016). Происходит поражение иммунной системы и развитие иммунодефицитных состояний. Отмечается гипоплазия или атрофия тимуса, уменьшение селезенки, снижение общего числа лейкоцитов, угнетение функций Т-лимфоцитов и нарушение их взаимодействия с В-лимфоцитами и макрофагами (Ладанова М.А. и др., 2015).

При дефиците цинка у коров ухудшается молочная продуктивность и снижается потребление корма (Разумовский С.Н. и др., 2018). У телят исчезает аппетит и происходит остановка роста. У взрослых коров возможно ослабление

сфинктеров сосков вымени, способствующее проникновению патогенной микрофлоры и развитию мастита (Разумовский С.Н. и др., 2018). Нарушается репродуктивная функция, как у самцов, так и у самок (Бомко В.С. и др., 2016).

Концентрация цинка в крови снижается, если он поступает в организм с кормом в недостаточном количестве, либо нарушается его всасывание в ЖКТ или мобилизация из тканевых депо (Хильдебранд Б., 2017).

Продуктивность животных возрастает при восполнении дефицита цинка введением в рацион добавок его соединений. При этом снижается восприимчивость организма к инфекционным заболеваниям, ускоряются процессы регенерации, нормализуется репродуктивная функция и т.д. (Хильдебранд Б., 2017; Аюшев А.М. и др., 1996). Добавка к корму соединений цинка также способствует повышению содержания каротина и витамина А в молоке и крови коров (Корочкина Е.А., 2016).

1.1.4 Биологическая роль марганца

Марганец входит в состав активных центров металлоферментов, участвующих в тканевом дыхании, синтезе холестерина, гормонов гипофиза, гликозаминогликанов. Велика его роль в эритропоэзе, работе эндокринной, нервной и половой систем, формировании костной и хрящевой ткани (Корочкина Е.А., 2016; Ходыков В.П., 2010).

Всасывается марганец в двенадцатиперстной кишке. Усвояемость (из неорганических соединений) невысока и составляет около 15%. Для усвоения марганца необходим витамин С, который восстанавливает его до степени окисления +2 (Разумовский С.Н. и др., 2018).

Введение в рацион животных солей марганца способствует более быстрому наступлению половой зрелости, улучшению оплодотворяемости (Корочкина Е.А., 2016).

При недостатке марганца у телят отмечаются аномалии опорно-двигательного аппарата: увеличение суставов, искривление и укорочение конечностей, артромиодисплазия. Развивается хромота. Характерна также аномальная подвижность языка и конвульсивные сокращения его мышц (Ламанд

Г., 2013; Корочкина Е.А., 2016). Часто развивается поражение ЦНС, проявляющееся нарушением координации движений (Разумовский С.Н. и др., 2018). Отмечаются поражения печени (Корочкина Е.А., 2016; Шленкина Т.М., 2013). При недостатке марганца нарушаются функции яичников. У коров ухудшается репродуктивная функция (слабо выраженный эструс, низкая оплодотворяемость, выкидыши в первые месяцы стельности). Может изменяться нормальное соотношение количества рожденных бычков и телочек (Разумовский С.Н. и др., 2018).

1.1.5 Биологическая роль кобальта

Свои биологические функции кобальт проявляет в составе витамина В12. У полигастричных животных витамин В12 синтезируется микрофлорой преджелудков (Saxena К.К., 1980; Недостаточность кобальта. [Электронный ресурс] Ветеринарная служба Владимирской области © www.vetvo.ru).

Витамин В12, является кофактором металлоферментов, участвующих в жировом, белковом, углеводном и минеральном обменах, а также обмене нуклеиновых кислот (Кадырова Р.Г. и др.2017; Корочкина Е.А., 2016; Roeder P.L., 1980). Необходим он и для таких важных процессов, как тканевое дыхание, биосинтез белка, нуклеиновых кислот, дезоксирибозы, метионина, креатина, холина, усвоение кальция и фосфора. Велика его роль в процессах эритропоэза, регенерации тканей, свертывания крови, функционировании репродуктивной и нервной системы (Кадырова Р.Г. и др.2017). Содержание кобальта в организме влияет на рост и развитие животных, скорость прироста живой массы, состояние волосяного (шерстного) покрова (Хугаев Г.И., 2018; Кряжева В., 2006).

Гипокобальтоз – хроническое заболевание, вызванное недостаточным содержанием кобальта в организме. Проявляется анемией, жировой дистрофией печени, снижением или извращением аппетита, уменьшением потребления корма, истощением, диареей (Кадырова Р.Г. и др., 2017; Sissoeff G., 1976).

У полигастричных животных дефицит кобальта может являться причиной дисбактериоза рубца (Разумовский С.Н. и др., 2018; Антипов О.В., 2016).

При дефиците кобальта также отмечается снижение устойчивости организма к инфекционным и некоторым паразитарным заболеваниям (Разумовский С.Н. и др., 2018; Ламанд Г., 2013; Saxena К.К., 1980). Нарушается работа репродуктивной системы (задержка последа, неполноценные половые циклы, высокая эмбриональная смертность и недоразвитие плода) (Корочкина Е.А., 2016).

1.2 Антагонизм и синергизм микроэлементов

Содержание макро- и микроэлементов в организме животных зависит от интенсивности процессов обмена веществ – поступления их с кормом, интенсивности всасывания и выделения, распределения в организме. Дефицит или избыток одних макро- или микроэлементов сказывается на обмене других (Сатюкова Л.П. и др., 2014).

Ионы металлов-микроэлементов имеют близкий ионный радиус, сходную электронную конфигурацию, часто имеют одинаковый по величине заряд, одинаковые координационные числа. Они могут проявлять способность к образованию связей с одними и теми же функциональными группами. Этим обусловлена схожесть их химических свойств и возможность конкуренции при вступлении в химические реакции с разными веществами (Сатюкова Л.П. и др., 2014; Гуркина Л.В. и др., 2016).

Всасывание микроэлементов в ЖКТ возможно как в виде ионов, так и в виде комплексных соединений. При этом возможны механизмы как пассивного, так и активного переноса через мембрану энтероцитов.

Уже на этом этапе возможна конкуренция между разными микроэлементами. В клетках ионы микроэлементов могут образовывать соединения с аминокислотами, пептидами, белками и множеством других органических веществ. Попав в кровь, микроэлементы могут конкурировать за связывание с белками (в т.ч. с белками переносчиками) (Сатюкова Л.П. и др., 2014; Гуркина Л.В. и др. 2016).

В силу одинакового заряда и близкого по величине ионного радиуса ионы металлов-микроэлементов могут конкурировать за связывание с активными

центрами ферментов. Это неизбежно повлияет на их сродство к субстрату и каталитическую активность. При этом фермент может проявлять свою должную биологическую активность только при нахождении в его активном центре (в координированном состоянии) строго определенного микроэлемента (Сатюкова Л.П. и др., 2014).

Принципиально возможна конкуренция ионов различных металлов за связывание в аллостерических центрах ферментов (в т.ч. с противоположной функцией) (Сатюкова Л.П. и др., 2014; Гуркина Л.В. и др. 2016).

В некоторых случаях наличие одного микроэлемента может не подавлять, а напротив, усиливать биологическое действие другого. В этом случае речь идет о синергизме микроэлементов (Сатюкова Л.П. и др., 2014).

Следует отметить, что на проявление того или иного механизма будет оказывать влияние соотношение разных микроэлементов, а также других веществ (в особенности полифункциональных), способных вступать с ними в химические реакции (аминокислот, пептидов, белков, витаминов и т.д.) (Сатюкова Л.П. и др., 2014).

Таким образом, на антагонистические (равно, как и на синергические) взаимодействия микроэлементов в организме животного будет оказывать влияние множество факторов.

Существуют весьма сложные антагонистические и синергические взаимодействия микроэлементов, обусловленные включением их в различные биохимические процессы, конкурирующие друг с другом или наоборот усиливающие влияние друг друга (Потапова Е.А. и др., 2017).

Интересно, что одни и те же микроэлементы в одних процессах могут выступать в качестве антагонистов, а в других в - качестве синергистов (Герман Н.В., 2011). Поэтому деление на антагонисты и синергисты можно считать в достаточной мере условным.

Синергизм и антагонизм может проявляться между микроэлементами и макроэлементами (Герман Н.В., 2011; Дускаев Г.К. и др., 2016), а также между разными микроэлементами. (Тераевич А.С. и др., 2016; Разумовский С.Н. и др.,

2018; Хильдебренд Б., 2016; Герман Н.В., 2011; Гуркина Л.В. и др., 2016) и множеством других веществ: витаминов (Филиппова О.Б. и др., 2017; Разумовский С.Н. и др., 2018), (витаминоподобных и лекарственных веществ, а также токсинов, тяжелых металлов (например, свинца, кадмия, ртути) (Герман Н.В., 2011; Вериго Ю.В. и др., 2013; Сатюкова Л.П. и др., 2014; Гуркина Л.В. и др., 2016) и др.

Возможен антагонизм между микроэлементами и различными веществами, содержащимися в корме. Например, фитаты, гемицеллюлоза и оксалаты могут образовывать с металлами-микроэлементами нерастворимые в воде и почти неусвояемые комплексные соединения (Хильдебренд Б., 2017). Это требует увеличения введения микроэлементов с кормом (Сизова Е.А. и др., 2018).

Недостаток или избыток одних микроэлементов, может оказать значительное влияние на усвоение и включение в метаболические процессы других. Имеет значение форма (ионная или хелатная), в которой микроэлементы поступают в организм, а также их количественное соотношение друг с другом (Сатюкова Л.П. и др., 2014; O'Dell Boyd, L, 1989; Marchetti M., 2001).

Учесть одновременно все возможные взаимодействия чрезвычайно сложно, что затрудняет подбор правильной дозировки соединений микроэлементов при их добавлении к корму животных.

Возможными путями снижения влияния антагонизма между соединениями микроэлементов являются:

1) использование хелатных комплексных соединений металлов-микроэлементов;

2) отдельное введение веществ, способных проявлять антагонизм (Сатюкова Л.П. и др., 2014; Дронов В.В., 2017; Сизова Е.А. и др., 2018; Куликов А.Н. и др., 2018; Куликов А.Н. и др., 2020; Vieira S.L., 2008; Seo Y., 2011).

С учетом того, что антагонизм между микроэлементами возможен не только на этапе всасывания в ЖКТ, но и на этапе включения в метаболические пути, на наш взгляд, целесообразно вводить отдельно даже хелатные комплексные соединения микроэлементов.

Данный подход может быть оправдан и при использовании в качестве кормовых добавок растворов, содержащих комплексные соединения микроэлементов, находящиеся в динамическом химическом равновесии. Он и был применен в данном диссертационном исследовании.

1.3 Микроэлементозы

Микроэлементозы- группа заболеваний, связанных с изменением содержания микроэлементов в организме. При недостатке микроэлементов развиваются гипомикроэлементозы, а при избытке- гипермикроэлементозы.

1.3.1 Недостаток микроэлементов в организме животных

Микроэлементы участвуют во множестве биохимических процессов, протекающих в организме животных. Поэтому их недостаток негативно сказывается на функционировании всех органов и систем (Самсонович В.А., 2012; Кощаева О.С., 2018; Булак Т.В. и др. 2016; Кожемяка Н.В., 2016; Карпуть В.А., 2012; Хильдебренд Б. и др, 2016; Красочко П.А. и др., 2018).

Особенно актуальна эта проблема при содержании высокопродуктивных животных (Евглевская Е.П., 2019; Трошин А.А. и др. 2014).

Все вышеуказанное ведет к большим экономическим издержкам в животноводческой отрасли (Белькевич И.А. и др., 2013; Morgan I., 1993; Потапова Е.А. и др., 2017).

Необходимо отметить, что в разные периоды жизни животных их потребность в соединениях микроэлементов и других жизненно важных веществах неодинакова (Калашников А.П. и др., 2003). Она возрастает в период беременности, лактации, интенсивного роста молодняка и т.д. (Ламанд Г., 2013).

Недостаточное (либо несбалансированное) минеральное питание животных ведет к расстройствам всех звеньев метаболизма и нарушениям со стороны всех органов и систем. Глубокая недостаточность микроэлементов, вызывающая крайне тяжелые патологические изменения и гибель животных, встречается достаточно редко (Самсонович В.А., 2012; Кощаева О.С., 2018).

Гораздо чаще встречается частичная минеральная недостаточность, которая распространена почти повсеместно. Но и она приносит животноводческой отрасли огромный вред. Заболевание обычно протекает латентно. Резко выраженные изменения здоровья животных при этом могут отсутствовать, но продуктивность значительно снижается (Самсонович В.А., 2012; Кощаева О.С., 2018; Белькевич И.А. и др., 2013).

Следует отметить, что часто встречаются хронические комплексные гипомикроэлементозы, когда отмечается недостаток нескольких микроэлементов одновременно (Хильдебренд Б. и др., 2016; Дронов В.В. и др., 2018; Потапова Е.А. и др., 2017).

Недостаток микроэлементов, обычно, проявляется в виде замедления роста и развития животных, развития иммунодефицитных состояний (Гуркина Л.В., 2016; Андреева А.В. и др., 2010), снижении устойчивости к развитию инфекционных и паразитарных заболеваний (а также их более тяжелому течению), нарушению пищевого поведения, снижению аппетита и уменьшению поедаемости кормов, ухудшению репродуктивной функции, изменениям шерстного (волосяного) покрова. Данные проявления недостаточно специфичны и являются общими для многих гипомикроэлементозов. Это затрудняет их точную диагностику (Кузьменкова С.Н., 2015; Красочко П.А. и др., 2018; Б. Хильдебренд и др., 2016; Кощаева О.С., 2018; Кожемяка Н.В., 2016; Самсонович В.А., 2012). Вместе с тем есть проявления, более специфичные для недостатка конкретных микроэлементов.

Недостаток микроэлементов в организме животных в период беременности в дальнейшем ведет к гипомикроэлементозам у молодняка (Ламанд Г., 2013), которые протекают достаточно тяжело и могут вызвать его гибель. Наиболее тяжелое течение гипомикроэлементозов отмечается у телят, имеющих заболевания ЖКТ, поскольку при этом нарушается всасывание микроэлементов (Красочко П.А. и др., 2018).

У телят, родившихся от коров и первотёлок, испытывавших дефицит микроэлементов часто отмечаются признаки внутриутробной гипотрофии (Дронов В.В., 2017).

При недостатке микроэлементов в организме животных будет неизбежным снижение их содержания в молоке, мясе и субпродуктах (по некоторым данным (Луганова С.Г. и др., 2008) возможно снижение в 5-10 раз). Это скажется на поступлении микроэлементов с пищей в организм человека (Луганова С.Г. и др., 2008).

1.3.2 Избыток микроэлементов в организме животных

Такие микроэлементы, как железо, марганец, медь, цинк, кобальт также относят к тяжелым металлам (химическим элементам - металлам с атомной массой свыше 50). Общим свойством тяжелых металлов является токсичность для человека, животных и растений при превышении допустимых (как правило, небольших) дозировок (Плахов Г.А. и др., 2018; Narozhnykh K.N., 2016; Авакянец Б.М., 2006).

При избыточном поступлении в организм железо, марганец, медь, цинк, кобальт могут представлять серьезную опасность, вызывая острые и хронические отравления (Стекольников А.А. и др., 2019; Hashmi N.S., 1989; Чысыма Р.Б. и др., 2010).

Таким образом, избыток данных микроэлементов в организме не менее опасен, чем их недостаток. Отравления соединениями тяжелых металлов имеют достаточно сходную симптоматику. Тем не менее, существуют и особенности, в большей степени характерные для отравления соединениями того или иного микроэлемента.

Избыточное поступление железа ведет к гемосидерозу, нарушениям работы ЖКТ, почек. Происходит увеличение интенсивности свободнорадикальных процессов, приводящих к повреждению клеток. Нарушается усвоение микроэлементов (меди, марганца и цинка), макроэлементов (например, кальция), некоторых витаминов (например, А и Е). Снижается потребление кормов, уменьшается продуктивность животных. Избыток меди также оказывает токсическое воздействие. При остром отравлении у животных отмечаются гемолиз,

поражение почек, печени, сердца и ЖКТ, нервной системы, раздражение слизистых оболочек.

При хроническом отравлении соединениями меди характерны замедление или остановка роста, уменьшение потребления кормов, нарушение кроветворения, поражение печени и почек (Яушева Е.В., 2013; Nemmar A., 2016; Кравцова О.А., 2013).

Коровы более устойчивы к избыточному поступлению соединений меди по сравнению с другими видами сельскохозяйственных животных. Но телята переносят передозировку значительно хуже, чем взрослые животные (Отравление животных солями меди. [Электронный ресурс] Ветеринарная служба Владимирской области © www.vetvo).

Высокое содержание в кормах цинка вызывает такие проявления как нарушение азотистого обмена, минерального обмена (в первую очередь обмена кальция и фосфора), нарушение развития скелета (при хроническом отравлении) (Кавтарашвили А.Ш., и др., 2017), поражение поджелудочной железы и печени.

При остром отравлении отмечается раздражение слизистых оболочек ЖКТ, возбуждение и судороги, развитие острой почечной недостаточности (Отравления животных соединениями цинка [Электронный ресурс] URL:<https://helpiks.org/9-33961.html>; Илларионова Е.А. и др., 2016).

Избыток марганца вызывает поражение нервной системы, печени, почек. Снижается резистентность к развитию инфекционных (в т.ч. респираторных) заболеваний (Никитенко М.А., 2007; Ярославцева О.Д., [Электронный ресурс] URL: <https://scienceforum.ru/2021/article/2018024366>; Илларионова Е.А. и др., 2016).

При избытке кобальта отмечается нарушение роста и развития, полицитемия, исхудание. Потребление корма уменьшается (Разумовский Н. и др., 2018). Установлено гипогликемическое действие высоких доз кобальта (Корочкина Е.А., 2016).

При неправильной дозировке минеральных кормовых добавок чаще всего наблюдается хроническое отравление тяжелыми металлами. При этом снижается резистентность организма животных к развитию инфекционных заболеваний,

развиваются нарушения белкового, жирового, углеводного и минерального обмена, снижается поедаемость кормов и продуктивность животных (Сачук Р.М. и др., 2019; Разумовский Н. и др., 2018; Колосова И.И., 2013; Стекольников А.А. и др., 2019).

Добиться оптимального дозирования микроэлементов при использовании многокомпонентных кормовых добавок очень сложно. Это связано с тем, что наряду с поступлением тех микроэлементов, которых не хватает животным, неизбежно будут вводиться и те микроэлементы, которые и так присутствуют в организме в нормальном или даже избыточном количестве. Неизбежным результатом будет передозировка данных микроэлементов.

Данная проблема может быть решена путем использования наборов добавок, каждая из которых содержит соединения какого-то одного микроэлемента. Они должны комбинироваться друг с другом с учетом потребностей каждого конкретного животноводческого хозяйства.

При этом для рационального их применения целесообразно использовать такие схемы введения, которые учитывали бы антагонизм и синергизм микроэлементов (Куликов А.Н. и др., 2018; Куликов А.Н. и др., 2019; Шишкин А.В. и др., 2020).

1.4 Микроэлементы в кормах

Корма являются основным источником поступления микроэлементов в организм животных (Невар А.А., 2007; Кучинский М., 2017). Поэтому представляют значительный интерес вопросы, связанные с содержанием в них микроэлементов, сбалансированностью минерального состава и возможностью его корректировки.

1.4.1 Факторы, влияющие на содержание микроэлементов в растительных кормах

Очень важным фактором, влияющим на содержание микроэлементов в растениях, является минеральный состав почв, на которых они были выращены.

Дефицит микроэлементов в почвах ведет к их низкому содержанию в растительных кормах и недостаточному поступлению в организм животных.

Содержание микроэлементов в почвах и возможность их усвоения растениями зависит от многих факторов. К ним относится тип почвы, ее кислотность, содержание органических веществ, влияние осадков, деятельность микроорганизмов, антропогенные загрязнения и др. (Биденко В.Н. и др., 2016; Kadhim M.S., 2015; Азаренко Ю.А., 2014; Рыбакова Г.В. и др., 2015; Кирейчева Л.В., 2016; Фидаров А.Т. и др., 2014; Калоев Б.С. и др., 2014; Желтов В.А., 2005; Свечникова А.А., 2013).

Удмуртская Республика является территорией с пониженным содержанием в почвах бора, цинка, кобальта, меди и молибдена (Кадырова А.И. и др., 2016; Васильева М.И. и др., 2015).

Следует отметить, что в пределах одной и той же достаточно обширной биогеохимической провинции распределение микроэлементов в почвах может быть неравномерным. Повышение их содержания чаще всего связано с антропогенным загрязнением (в основном промышленными выбросами), а пониженное содержание может быть обусловлено какими-либо местными особенностями. Поэтому может различаться и содержание микроэлементов в кормах, выращенных на этих территориях.

Из почвы микроэлементы поступают в растения и далее перемещаются по пищевой цепи (Магомедалиев А.З. и др., 2015; Синдирева А.В. и др., 2014; Syso A.I., 2017; Никитенко М.А., 2007).

Важным фактором снижения содержания микроэлементов в пахотных почвах является вынос их с урожаем. Поэтому может оказаться низким содержание микроэлементов в кормовых растениях, выросших на почвах, ранее использованных для земледелия (Дронов В.В., 2018).

По некоторым данным, начиная с 1980-1990-х годов, отмечается снижение в растительных кормах йода, меди, цинка и марганца (Гуркина Л.В. и др., 2016). Его можно объяснить, в том числе, и «выносом» микроэлементов из почв.

Еще одним важным фактором, влияющим на содержание микроэлементов в растительных кормах, являются климатические условия. Поэтому оно часто оказывается ниже эталонных значений (Карпенко Л.Ю. и др., 2014).

Таким образом, вопрос о применяемых кормах и включении в рационы тех или иных добавок должен решаться с учётом биохимических особенностей той или иной территории, содержанием микроэлементов в почвах и кормах, периодами жизни животных, условиями хранения кормов и времени года. Неправильная дозировка микроэлементов (как в плане снижения, так и в плане увеличения) может оказать отрицательное влияние на здоровье и продуктивность сельскохозяйственных животных (Невар А.А., 2007; Кузьмина И.Ю., 2017).

1.4.2 Сбалансированность рациона животных по содержанию микроэлементов

Невысокое качество кормов и их несбалансированность по минеральному составу отрицательно сказывается на здоровье и продуктивности животных. Для каждой биогеохимической провинции по-прежнему остается актуальной проблема восполнения недостатка в кормах тех или иных недостающих микроэлементов (Исмагилова Э.Р. и др., 2012; Fedyaev Ju., 2017; Козырь В.С., 2015).

Недостаточное поступление микроэлементов в организм животных с кормом — причина хронического комплексного гипомикроэлементоза (Ушаков А.С. и др., 2013; Кучинский М.П., 2007; Рыжов А.А., 2015). Но наряду с этим, важное значение имеет качественный и количественный состав кормов в рационе животных.

Усвоение микроэлементов снижается при обилии в рационе кислой барды. При этом также нарушаются процессы рубцового метаболизма (Ушаков А.С. и др., 2013).

При скармливании большого количества силоса, жмыхов, шротов (при уменьшении количества качественного сена) в организме животных образуется избыток высших жирных кислот, которые превращаются в кетоновые тела. Этому также способствует недостаток в рационе легкоусвояемых углеводов и некоторых микроэлементов: кобальта, меди, цинка, йода (Ушаков А.С. и др., 2013).

Проблема несбалансированности рационов становится особенно серьезной в зимне-весенний период, когда качество кормов, как правило, заметно ухудшается из-за их гниения и заплесневения. В этот период (характеризующийся гиподинамией, неблагоприятным микроклиматом, ухудшением качества кормов) отмечается снижение в организме животных жизненно-важных микроэлементов, а также накопление некоторых токсичных тяжелых металлов (Карпенко Л.Ю. и др., 2012).

Проблема несбалансированности рационов может быть отчасти решена добавлением к корму соединений металлов-микроэлементов. При этом уменьшается отрицательное влияние кормов, поражённых плесневыми грибами, на здоровье животных и качество мясной и молочной продукции (Патиева С.В. и др., 2015; Рыжов А.А., 2015; Trucksess M.W., 2011).

1.4.3 Необходимость корректировки рационов животных

Усвояемость животными микроэлементов из растительного корма неодинакова. Она зависит от места произрастания растений, условий и стадии их вегетации, условий заготовки и хранения (Невар А.А., 2007). Данные факторы сложно поддаются прогнозированию.

Даже сбалансированные по валовому содержанию микроэлементов рационы могут оказаться неэффективными. Это связано с тем, что микроэлементы могут входить в состав разных химических соединений, различающихся по способности к усвоению организмом животного (Невар А.А., 2007).

Зимние и летние рационы могут сильно различаться по содержанию микроэлементов (Бойко А.В. и др., 2012).

Качество кормов ухудшается при их хранении. При загнивании корма могут образовываться нерастворимые соединения металлов-микроэлементов, которые плохо усваиваются животными. Поэтому проблема развития гипомикроэлементозов становится наиболее острой в зимне-весенний период (Покровская М.В., 2014).

Потребность животных в микроэлементах неодинакова в разные периоды их жизни (Калашникова А.П. и др., 2003).

Таким образом, содержание микроэлементов в кормах и потребность в них животных зависят от многих факторов. Следовательно, для адекватной корректировки содержания микроэлементов в рационе животных целесообразно проводить соответствующие исследования в каждом конкретном хозяйстве. В соответствии с получаемыми данными необходимо применять кормовые добавки. При этом следует учитывать, что для животных, выращиваемых в хозяйствах с разными условиями кормления и содержания потребность в различных микроэлементах, может быть неодинакова.

Для решения данной проблемы требуется введение в рацион животных минеральных добавок. Но при их использовании необходимо учитывать, что микроэлементы требуются в строго определенных количествах. Вреден как их недостаток, так и избыток (способный привести к отравлению) (Луганова С.Г. и др., 2008).

Применение кормовых добавок, содержащих несколько разных микроэлементов может привести к избыточному поступлению одних и недостаточному поступлению других из них в организм животного. При этом на эффективность их применения будут существенно влиять проявления физиологического антагонизма или синергизма микроэлементов.

Для решения данной проблемы наиболее перспективным представляется использование отдельного введения соединений микроэлементов (т.е. использование дробно-периодических схем). Такой подход представляется полностью оправданным с точки зрения биохимии и физиологии.

1.5 Влияние содержания микроэлементов в организме животных на качество мясной продукции

Качество мясной продукции сельскохозяйственных животных ухудшается при дефиците в кормах микроэлементов (Усманова Н.П. и др., 2015; Ивашенко

А.Ю. и др., 2014). Это ведет к недостаточному содержанию в мясе белка и жира, низкому содержанию микроэлементов.

Гипомикроэлементозы способствуют также снижению устойчивости животных к развитию инфекционных и паразитарных заболеваний, снижению продуктивности (Сачук Р.М. и др., 2019; Дронов В.В. и др., 2018). Результатом этого является снижение качества туш и выхода мяса.

При использовании некачественных кормов наряду с развитием гипомикроэлементозов очень серьезной проблемой является развитие микотоксикозов. Они протекают значительно тяжелее на фоне нарушений минерального обмена. Все это приводит к значительному снижению качества мяса (Попова О.М., 2015).

Ужесточение требований к качеству мясной продукции может привести к сложности ее реализации, если данная проблема не будет решена (Усманова Н.П. и др., 2015; Burny A., 2006).

Одним из путей ее решения может являться использование кормовых добавок, позволяющих скорректировать поступление микроэлементов в организм животных. Это может существенно улучшить качество мяса (Зеленевский К.Н., 2011; Касьянов Г.И. и др., 2017; Казарян Р.В. и др., 2018; Арсанукаев Д.Л., 2018; Комкова Е.А. и др., 2013; Coleman S.W., 2006; Зайналабдиева Х.М. и др., 2015).

В тоже время, необходимо понимать, что в полной мере решить проблему качества мясной продукции, можно только используя комплексный подход. Принимаемые меры должны включать улучшение рациона животных за счет введения всех необходимых веществ (макро- и микроэлементов, витаминов и витаминоподобных веществ), использования качественных кормов (не содержащих микотоксинов и других опасных веществ), улучшение условий содержания животных, своевременную профилактику и лечение паразитарных и инфекционных заболеваний, соблюдение требований убоя животных, хранения и переработки мяса.

1.6 Кормовые добавки, содержащие соединения металлов-микроэлементов

Как уже было отмечено, медь, цинк, кобальт, марганец и железо играют весьма важную роль в жизнедеятельности животных (Антипов О.В., 2016; Дункель З., 2016; Цай В.П., 2015; Филиппова О.Б., 2017; Лебедев В.В. и др., 2015; Ерыженская Н.Ф., 2018).

Содержание микроэлементов в их организме оказывает влияние на качество мясной и молочной продукции (Зеленевский К.Н., 2011; Касьянов Г.И. и др., 2017; Арсанукаев Д.Л., 2018; Усманова Н.П. и др., 2015; Попова О.М., 2015). Поэтому проблема восполнения дефицита микроэлементов была и остается весьма актуальной (Ерыженская Н.Ф., 2018; Антипов О.В., 2016; Богороденко С.В., 2016; Волгин В.И. и др., 2018).

Существуют разные способы введения соединений микроэлементов в организм животных. Возможно инъекционное введение их растворов. Но наиболее широко применяется пероральное введение. Для этого используют кормовые добавки, которые могут быть жидкими или твердыми и могут даваться животным различными способами- путем добавления к воде для выпаивания или к корму (Волгин В.И. и др., 2018).

В составе кормовых добавок чаще всего используют неорганические соли (сульфаты или хлориды), либо оксиды металлов- микроэлементов. Данные вещества относительно недороги, но их применение имеет ряд недостатков: невысокую всасываемость в ЖКТ (особенно низкую при применении оксидов металлов- микроэлементов) (Хильдебренд Б., 2016), выраженное проявление физиологического антагонизма между некоторыми микроэлементами, существенная токсичность при передозировке.

Указанные недостатки значительно снижают эффективность их применения (Ерыженская Н.Ф., 2018; Антипов О.В., 2016; Богороденко С.В., 2016; Волгин В.И. и др., 2018; Луганова С.Г. и др., 2008; Хильдебренд Б., 2016).

Применение неорганических солей металлов микроэлементов в качестве кормовых добавок связано с еще одной серьезной проблемой. Невысокая

усвояемость соединений микроэлементов ведет к тому, что значительное количество их оказывается в навозе.

В результате, животноводческие хозяйства становятся источниками загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами (Кощаева О.С., 2018; Стекольников А.А. и др., 2019; Бомко В.С. и др., 2018).

Решению проблемы может способствовать повышение усвояемости микроэлементов, вводимых в организм животных с кормом (Кощаева О.С., 2018; Богороденко С.В., 2016).

Это позволило бы уменьшить дозировку кормовых добавок (при сохранении нужной эффективности) и снизить поступление микроэлементов в окружающую среду с экскрементами (Кощаева О.С., 2018; Бомко В.С. и др., 2018; Богороденко С.В. и др., 2014). Этого можно добиться применением хелатных комплексных соединений (Маннер К. и др., 2016; Кощаева О.С., 2018; Ковалёнок Ю.К., 2012; Луганова С.Г. и др., 2008), а также использованием более эффективных схем введения в рацион кормовых добавок (Дронов В.В., 2017; Сизова Е.А. и др., 2018; Куликов А.Н. и др., 2018; Куликова М.С. и др., 2020; Куликова М.С. и др., 2020).

В последние годы хелатные комплексные соединения успешно применяются в данной области (Коэльман Э., 2016; Лебедев В.В. и др., 2015; Арсанукаев Д.Л. и др., 2018; Ландвер Б., 2018; Иванова А.С., 2017; Литвиненко Н.В. и др., 2018; Волгин В.И. и др., 2018; Ландвер Б., 2018; Гурин В.К. и др., 2015; Сизова Е.А. и др., 2018; Луганова С.Г. и др., 2008; Арнаутовский И.Д. и др., 2013; Бомко В.С. и др., 2018; Богороденко С.В., 2016; Будникова Е.Н. и др., 2016; Хлюпин И.В. и др., 2016; Хильдебранд Б., 2017).

При их использовании снижаются проявления антагонизма (между разными микроэлементами, между микроэлементами и макроэлементами, между микроэлементами и различными органическими веществами, присутствующими в корме) (Коэльман Э., 2016; Хильдебранд Б., 2017; Сизова Е.А. и др., 2018; Пчельников Д.В., 2005).

Вследствие высокой эффективности дозировка хелатных комплексных соединений может быть снижена (в некоторых случаях даже в несколько раз) по

сравнению с неорганическими солями металлов микроэлементов (Лебедев В.В. и др., 2015; Богороденко С.В., 2016).

При использовании хелатных комплексных соединений не только устраняется или снижается неблагоприятное влияние на микрофлору ЖКТ животных (Антипов О.В., 2016), а напротив, отмечается положительное влияние (Усачев И.И. и др., 2019).

В составе кормовых добавок применяют хелатные комплексные соединения металлов микроэлементов с различными комплексонами (например, ЭДТА).

Описано применение для хелатирования металлов микроэлементов белков (Антипов О.В., 2016; Коэльман Э., 2016), аминокислот, (Хильдебранд Б., 2017; Луганова С.Г. и др., 2008; Худякова В.В., 2016; Коэльман Э., 2016; Сизова Е.А. и др., 2018; Салаутин В.В. и др., 2013; Куликов А.Н. и др., 2018), пептидов (из белковых гидролизатов) (Коэльман Э., 2016; Рыжов А.А., 2015; Куликов А.Н. и др., 2018), гуминовых кислот и других веществ (Фролов А.В., 2010).

Биологическая активность комплексных соединений металлов-микроэлементов с разными лигандами может существенно различаться (Антипов О.В., 2016). Следовательно, эффективность их использования может быть далеко не равнозначной (Усачев И.И. и др., 2019).

Следует отметить, что применяемые в составе кормовых добавок комплексные соединения металлов микроэлементов существенно дороже, чем неорганические соли. Это связано с более сложной технологией их получения.

При создании жидких кормовых добавок данные проблемы могут быть решены, если синтез комплексных соединений будет осуществляться непосредственно в ходе их приготовления, а проблема устойчивости будет решаться за счет создания равновесных систем, предложенных в данной работе.

Это позволит применять вместо дорогостоящих комплексонов недорогие и легкодоступные вещества, в том числе совершенно нетоксичные для животных и легко включающиеся в метаболические процессы после усвоения комплексных соединений.

Именно такой подход был реализован в данной диссертационной работе.

Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

2.1 Места проведения исследований

Работа выполнена в период с 2018 по 2021 годы в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия» (ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА) на кафедрах «Ветеринарно-санитарной экспертизы и радиобиологии» и «Анатомии и физиологии».

Лабораторные исследования проводились на базе «Межфакультетской учебно-научной лаборатории биотехнологии» ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА; Бюджетного учреждения Удмуртской Республики «Удмуртский ветеринарно-диагностический центр» (БУ УР «УВДЦ»); Испытательной лаборатории АО Агрохимцентр «Удмуртский» (АО АХЦ «Удмуртский»); Лаборатории химической службы участка ИТЭЦ- 1 филиал «Удмуртский» Публичное акционерное общество «Т Плюс».

Исследования на лабораторных животных выполнялись в ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА.

Исследования на сельскохозяйственных животных выполнялись в АО «Путь Ильича» Завьяловского района Удмуртской Республики и личном подсобном хозяйстве (г. Ижевск). Хозяйства благополучны по инфекционным и инвазионным заболеваниям.

2.2 Лабораторные животные, использованные в исследовании и условия их содержания.

190 нелинейных белых мышей обоего пола, массой $28 \pm 2,5$ г.

70 нелинейных лабораторных белых крыс мужского пола, массой 120 ± 10 г.

Кормление и содержание лабораторных животных соответствовали общепринятым требованиям (Виноградов П.Н. и др., 2009). Температура воздуха в виварии составляла $21-23^{\circ}\text{C}$.

Все мыши и крысы были здоровыми, содержались в одинаковых условиях. Каждая группа животных содержалась отдельно от других.

2.3 Сельскохозяйственные животные, использованные в исследовании.

В исследовании были использованы 40 козлят (самцах) зааненской породы, в возрасте 3 месяцев, массой 12 ± 1 кг, а также 30 телятах холмогорской голштиinizированной породы в возрасте 1 месяц, массой 44 ± 2 кг.

Исследования на сельскохозяйственных животных выполнялись в зимне-весенние периоды 2019 (на козлятах) и 2020 годов (на телятах).

2.4 Материалы

2.4.1 Реактивы

Марганца сульфат (ч.д.а.); меди сульфат (ч.д.а.); железа (III) хлорид (ч.); кобальта сульфат (ч.д.а.), цинка сульфат (ч.д.а.); натрия гидроксид (ч.); глицерин (ч.), молочная кислота (ч.), сахароза (ч.), фруктоза (ч.).

2.4.2 Вещества, перорально вводимые животным

а) Растворы хелатных комплексных соединений кобальта, цинка, железа, меди, марганца.

Хелатные комплексные соединения кобальта, цинка, железа, меди, марганца были получены путем добавления глицерина, сахарозы, фруктозы и молочной кислоты к раствору неорганической соли соответствующего металла. Каждый из растворов содержал смесь комплексных соединений соответствующего металла-микроэлемента (с разными лигандами). При этом получалась равновесная система, где при разных значениях pH могли присутствовать комплексные соединения разного состава.

б) Растворы неорганических солей кобальта, цинка, железа, меди, марганца.

Использовались свежеприготовленные растворы CoSO_4 , CuSO_4 , ZnSO_4 , MnSO_4 , FeCl_3 .

2.4.3 Наборы реагентов для определения биохимических показателей

«Медь-витал». Набор реактивов для колориметрического определения концентрации меди в плазме или сыворотке крови (АО «Витал Девелопмент Корпорэйшн», Россия).

«Железо-витал». Набор реактивов для колориметрического определения концентрации железа в плазме или сыворотке крови (АО «Витал Девелопмент Корпорэйшн», Россия).

«Цинк-витал». Набор реактивов для колориметрического определения концентрации цинка в плазме или сыворотке крови (АО «Витал Девелопмент Корпорэйшн», Россия).

«Кобальт-витал». Набор реактивов для колориметрического определения концентрации железа в плазме или сыворотке крови (АО «Витал Девелопмент Корпорэйшн», Россия).

«Альбумин-Ново». Набор реактивов для определения общего белка крови фотометрическим методом (ЗАО «ВЕКТОР-БЕСТ», Россия).

«АСТ-УФ-Ново». Набор реактивов для определения активности АСТ в сыворотке или плазме крови кинетическим УФ-методом (ЗАО «ВЕКТОР-БЕСТ», Россия).

«АЛТ-УФ-Ново». Набор реактивов для определения активности АЛТ в сыворотке или плазме крови кинетическим УФ-методом (ЗАО «ВЕКТОР-БЕСТ», Россия).

2.4.5 Оборудование

Биохимический анализатор «STAT FAX 1904 +» (Awareness Technology INC, США); гематологический анализатор BC-2800Vet («Mindray», Китай); Фотоэлектроколориметр КФК-2 (СССР); весы лабораторные (НПП «Госметр», Россия); рН-метр-милливольтметр рН-410 (НПКФ Аквилон, Россия); механические пипетки (дозаторы) («Ленпипет», Россия).

2.5 Методы проведения исследований

Зоогигиенические параметры микроклимата: температуру и относительную влажность воздуха определяли комбинированным прибором «ТКА – ПКМ» (модель 42); скорость движения воздуха – анемометром «ТКА – ПКМ» (модель 50);

содержание аммиака – универсальным газоанализатором УГ-2; микробную обсемененность воздуха – прибором Кротова.

Гематологические исследования выполнялись с помощью гематологического анализатора BC-2800Vet («Mindray», Китай).

Биохимические исследования (АЛТ, АСТ, креатинин, мочевины, общий белок) крови животных выполнялись с использованием полуавтоматического биохимического анализатора «STAT FAX 1904 + (Awareness Technology INC, США) и наборов реагентов, указанных выше.

Определение содержания микроэлементов в крови, кормах и питьевой воде определяли атомно-адсорбционным и фотометрическими методами в аттестованных лабораториях.

Исследование на лабораторных животных (оценка местного раздражающего действия, оценка токсического действия, эксперименты по биологической ценности мяса) выполняли по общепринятым методикам (Саноцкий И.В., 1970; Беленький Н.Г., 1976).

Лабораторных животных (мышей и крыс) выводили из эксперимента путем декапитации. Далее по общепринятой методике (Рыбакова А.В., 2015) выполняли патологоанатомическое исследование.

После завершения эксперимента убой козлят и телят, ветеринарно-санитарное исследование туш и внутренних органов выполнялись в соответствии с существующими требованиями (Правила ветеринарного осмотра, убойных животных и ветеринарно-санитарной экспертизы мяса и мясных продуктов. «Агропромиздат» 1988 г).

Органолептические, микробиологические, физико-химические и биохимические показатели мяса определяли в соответствии с существующими нормативными требованиями (ГОСТ 7269-2015 «Мясо. Методы отбора образцов и органолептические методы определения свежести»; ГОСТ 23392-2016 «Мясо. Методы химического и микроскопического анализа свежести»; ГОСТ Р 51478-99 (ИСО 2917-74) «Мясо и мясные продукты. Контрольный метод определения концентрации водородных ионов (рН)»; ТР-ТС 034/2013; ТР-ТС 021/2011).

Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

3.1 Требования к создаваемым кормовым добавкам

Кормовые добавки для лечения и профилактики гипомикроэлементозов должны быть удобны в использовании. При подаче одновременно многим животным они должны распределяться достаточно равномерно и легко дозироваться.

Всем этим требованиям удовлетворяют жидкие кормовые добавки, которые в последние годы становятся всё более популярными. Это связано, в том числе, с постепенным распространением систем автоматического поения в различных отраслях животноводства.

Жидкие кормовые добавки обладают большой универсальностью и могут даваться животным и другими способами: добавлением в поилки, орошением корма, добавлением к корму, перемешиваемому в кормосмесителе. Жидкие кормовые добавки удобно давать, как многим животным одновременно, так и отдельным животным индивидуально.

В связи с этим, нами будет производиться разработка именно жидких кормовых добавок. При их создании выдвигаются следующие требования:

Добавки должны содержать хелатные комплексные соединения микроэлементов.

При этом ионы (атомы) металлов микроэлементов должны находиться в хелатированном состоянии при широком диапазоне pH. Это является весьма существенным, поскольку в разных отделах ЖКТ животных pH сильно отличается. А при изменении pH может происходить разложение хелатных комплексных соединений.

Хелатные комплексные соединения должны обладать умеренной устойчивостью.

В качестве лигандов должны использоваться вещества, легко включающиеся в метаболические процессы после распада соответствующих комплексных соединений, кроме того, они должны быть не токсичными.

При составлении рецептуры жидкой кормовой добавки и схемы её использования, должен учитываться антагонизм микроэлементов. Вполне вероятно, что он не может быть полностью устранён даже при использовании хелатных комплексных соединений. Следовательно добавка должна состоять из нескольких компонентов.

Между веществами, входящими в состав жидкой кормовой добавки, не должно протекать нежелательных химических реакций.

Добавка должна быть стабильной при хранении в течение длительного времени (в том числе при значительном перепаде температур).

Жидкая кормовая добавка должна быть простой в производстве, содержать легко доступные вещества и иметь малую себестоимость.

Таким образом, к создаваемой добавке выдвигается целый комплекс требований, одновременное выполнение которых является достаточно сложной задачей. Она может быть решена, если кормовая добавка будет состоять из нескольких частей, содержащих соединения разных металлов- микроэлементов.

Это позволит комбинировать эти части для восполнения дефицита тех микроэлементов, которые необходимы. Такой подход позволит сократить издержки животноводческих хозяйств и снизить риск передозировки металлов-микроэлементов.

3.2 Общая концепция разработки

Для решения проблем, связанных со стабильностью кормовой добавки и сохранения ионов металлов в хелатированном состоянии при различных значениях рН, необходимо чтобы в её состав входили несколько веществ, способных образовывать с ионами металлов хелатные комплексные соединения. При этом добавка будет содержать комплексные соединения разного состава. В растворе установится химическое равновесие. Оно будет смещаться при изменении рН, но ионы металла останутся в хелатированном состоянии.

Если при изменении рН, произойдет разложение одного комплексного соединения, то при этом тотчас же образуется новое соединение другого состава, в

результате формируется самостабилизирующаяся система, при этом ион металла находится в хелатированном состоянии при широком диапазоне значений pH.

Как уже было отмечено, добавка должна содержать нетоксичные и легко усвояемые вещества, способные выступать в качестве лигандов. В данном случае предлагается использовать следующие вещества: глицерин, молочную кислоту, фруктозу и сахарозу.

Все перечисленные вещества способны образовывать с ионами металлов комплексные соединения, при этом их устойчивость не слишком высока, что позволяет достаточно легко высвободить ион металла микроэлемента, после проникновения комплексного соединения в клетку. При этом возможно образование новых комплексных соединений, в которых в качестве лигандов будут выступать различные вещества, содержащиеся в клетке (гидроксикислоты, многоосновные кислоты, аминокислоты, белки, углеводы и их производные и др.).

За счёт того, что добавка состоит из нескольких частей достигается ещё ряд преимуществ:

1. В значительной мере снимается проблема биохимического (физиологического) антагонизма микроэлементов при условии, что их соединения даются животным по отдельности через определённые промежутки времени.

2. Исключается протекание нежелательных химических реакций (например, окислительно-восстановительных реакций между соединениями Fe (III) и Co (II), либо Mn (II)).

3. Возможно использование только тех частей добавки, которые содержат соединения тех микроэлементов, которые необходимы в каждом конкретном случае.

Безусловно, добавка, состоящая из нескольких разных частей, окажется менее удобной в использовании по сравнению с добавками, одновременно содержащими соединения нескольких микроэлементов. Но этот недостаток компенсируют указанные выше преимущества.

3.3 Оценка стабильности комплексных соединений, при разных значениях рН

Было необходимо добиться того, что бы находящиеся в растворе комплексные соединения при изменении рН не разлагались, а при последующем гидролизе не происходило образование осадка.

Исследовались растворы, содержащие соль металла-микроэлемента и вещества, способные выступать в качестве лигандов при образовании комплексных соединений.

В приготовленных для исследования растворах концентрация солей любого из металлов-микроэлементов (Cu, Mn, Fe, Zn, Co) составляла 0,01 моль/л. Концентрация молочной кислоты, фруктозы, сахарозы и глицерина составляла по 0,021 моль/л в растворах, где требовалось получить комплексные соединения Cu (II), Mn (II), Zn (II), Co (II). В растворах, где следовало получить комплексные соединения Fe (III), концентрация молочной кислоты, фруктозы, сахарозы и глицерина составляла по 0,0315 моль/л. Этого было достаточно для образования любого из вариантов комплексного соединения, где все лиганды были бы одинаковыми. Кроме того, имелся 5% избыток для смещения химического равновесия в требуемом направлении.

Исходные значения рН данных растворов были, как правило, невысоки (табл. 1). К ним по каплям добавлялся раствор щелочи.

При постепенном изменении рН в растворах могли присутствовать комплексные соединения разного состава. Признаками протекающих реакций являлось изменение цвета, разная скорость изменения рН при добавлении одинаковых порций раствора щелочи, а также изменение величины рН, при которой происходило образование осадка. (При определенных значениях рН могло происходить разложение комплексных соединений и образование нерастворимых гидроксидов металлов. Также нельзя исключить образование в отдельных случаях нерастворимых комплексных соединений).

По мере изменения рН растворы соединений марганца меняли цвет от бледно-розоватого (почти бесцветного) до желтого и оранжевого; меди от бледно-голубого до синего и фиолетового, железа от бледно- лимонного до желтого и оранжевого, кобальта от бледно- розового до синего и фиолетового. Растворы соединений цинка оставались бесцветными, но при этом имелись другие вышеуказанные признаки протекания химических реакций.

Точный состав комплексных соединений, присутствующих в растворах при разных значениях рН, в данной работе не изучался в связи с необходимостью проведения большого объема трудоемких спектрометрических исследований. Они выполнялись только для некоторых из указанных далее растворов. Их результаты здесь не приводятся.

Тем не менее, наличие указанных выше признаков реакций можно объяснить только образованием комплексных соединений.

Далее в таблице 1 приводятся результаты определения величины рН, при превышении которой растворы теряют стабильность и происходит образование осадка (свидетельствующее о разложении растворимых комплексных соединений и образовании нерастворимых гидроксидов металлов). В качестве контроля выступали свежеприготовленные 0,01М растворы CuSO_4 , FeCl_3 , ZnSO_4 , CoSO_4 , MnSO_4 без добавления к ним веществ, способных вступать в реакции, приводящие к образованию комплексных соединений.

Таблица 1– Диапазоны значений рН, при которых не происходит образование осадка при добавлении щелочи к растворам, рассматриваемым в качестве возможных вариантов жидких кормовых добавок.

Компоненты раствора	FeCl_3	CuSO_4	ZnSO_4	MnSO_4	CoSO_4
-	2,38	4,86	5,87	6,75	6,56
глицерин	2,34-3,2	5,4-6,4	5,6- 6,4	7,61-8	6,6 – 7,6 осадок частично раств. при рН больше 12

Продолжение таблицы 1.

молочная кислота	1,89-12,5	2,66-7,4	2,8- 6,3	2,82-4	2,7-7,92
сахароза	2,4-3,23	5,34-5,93	6,24- 6,8	6,5-8,6*	6,42-7,71 11-13
фруктоза	2,34-3,2	5,15-5,54 9-13	6,34-7,1 12-13	6,47-8,6*	6,67-7,94 11-13
глицерин+ молочная кислота	2,06-3,5	2,65-5,8	2,71-6,0	2,77-3,06	2,7-7,6 осадок частично раств. при рН больше 12
глицерин + сахароза	2,36-4	5,34-5,5	6,17- 6,58	6,01- 8,3* (8,7)	5,55- 7,6 11,7-13
глицерин+ фруктоза	2,39-3,6	5,36-5,8 9-13	6,64-7,0 12-13	7,0-9 с 1 капли 12-13*	6,64-7,5 12-13
молочная кислота+ сахароза	2,03-3,5	2,42-7,01 11,5-13	2,8-6,8	2,8- 3,8 (4,02)	2,9- 7,9 11-13
молочная кислота+ фруктоза	1,97-3,5	2,67-6,3 10-13	2,8-7,3	2,75- 4 5-8,8 12,5-13	2,68-8,2 11-13
фруктоза+ сахароза	2,36- 3,5	5,27-5,65 9,2-13	6,53-7,1 12-13	6,5-8,6*	6,67-8,02 11-13
молочная кислота+ глицерин+ сахароза	1,96-3,7	2,61-7,7	2,71-6,9	2,9-8 (8,5)*	2,76-8,6*
молочная кислота+ глицерин+ фруктоза	2,03-3,7	2,66-7,0	2,79-13*	2,8-8,7*	2,78-8(8,4)*
молочная кислота+ глицерин + сахароза+ фруктоза	2,1-4	2,64- 13*	2,9-13*	2,63 – 8,7*	2,72- 8* 11-13

Примечание: знаком «*» отмечены растворы, пригодные для использования в качестве жидких кормовых добавок.

Растворы CuSO_4 , FeCl_3 , ZnSO_4 , CoSO_4 , MnSO_4 неустойчивы к повышению pH. Даже при их хранении вследствие гидролиза постепенно выпадает осадок гидроксида металла. Осадок появлялся и при добавлении минимальных количеств раствора щелочи к свежеприготовленным растворам указанных солей.

Как видно из представленных результатов, при наличии в растворе веществ, способных реагировать с ионами данных металлов с образованием комплексных соединений, устойчивость к повышению pH возрастает.

Аналогичный эксперимент был проведен с такими же растворами. Но при этом pH, напротив, снижали, добавляя раствор кислоты (H_2SO_4 или HCl). Образования осадков в этих случаях не происходило. Безусловно, при снижении pH также возможно разложение комплексных соединений. Но образование нерастворимых гидроксидов при этом невозможно. Если после этого вновь повышали pH, добавляя щелочь, растворы вновь проявляли описанные выше свойства.

В рамках данной работы практический интерес представляют растворы комплексных соединений, стабильные при тех значениях pH, которые могут быть в разных отделах ЖКТ животных (от 1-3 в сычуге до 7,2-8 в тонком кишечнике). Растворы, планируемые к применению в качестве жидких кормовых добавок, не должны давать осадок при изменении их pH в пределах данного диапазона.

Как видно из представленных результатов, устойчивость растворов к повышению pH возрастала по мере увеличения набора веществ, способных вступать в реакцию с образованием комплексных соединений.

Это можно объяснить возможностью образования большего числа вариантов комплексных соединений (в том числе, с неодинаковыми лигандами), каждое из которых стабильно при определенном диапазоне pH.

В растворе устанавливается химическое равновесие. Если при изменении pH одно комплексное соединение разложится, то сразу же образуется новое комплексное соединение иного состава.

Для разных микроэлементов указанным выше требованиям удовлетворяли разные варианты растворов. Но для последующего использования в качестве жидких кормовых добавок были выбраны те их варианты, для приготовления

которых использовались соль металла-микроэлемента, глицерин, молочная кислота, сахароза и фруктоза. При взаимодействии между собой данных веществ в растворе могло образовываться наибольшее число вариантов комплексных соединений разного состава.

На первый взгляд, более простым решением могло бы показаться использование комплексных соединений с широко используемыми комплексонами (например, ЭДТА), а не создание описанных выше равновесных систем. Однако предлагаемый подход имеет важное преимущество: используемые вещества совершенно безопасны для организма и легко включаются в метаболические процессы после усвоения кормовой добавки.

3.4 Разработанные кормовые добавки

Были предложены следующие растворы, используемые в качестве компонентов (частей) жидкой кормовой добавки (табл. 2).

Таблица – 2 Растворы, используемые в качестве компонентов (частей) жидкой кормовой добавки.

№ раствора	Вещества, используемые при приготовлении раствора	Образующиеся вещества, входящие в состав раствора
1.	FeCl ₃ , глицерин, молочная кислота, сахароза, фруктоза, вода	Хелатные комплексные соединения железа.
2.	CuSO ₄ , глицерин, молочная кислота, сахароза, фруктоза, вода	Хелатные комплексные соединения меди.
3.	MnSO ₄ , глицерин, молочная кислота, сахароза, фруктоза, вода	Хелатные комплексные соединения марганца.
4.	ZnSO ₄ , глицерин, молочная кислота, сахароза, фруктоза, вода	Хелатные комплексные соединения цинка.
5.	CoSO ₄ , глицерин, молочная кислота, сахароза, фруктоза, вода	Хелатные комплексные соединения кобальта.

У каждого из растворов pH доводился, до нужных значений добавлением раствора NaOH.

Была предложена схема применения кормовой добавки, заключающаяся в том, что данные растворы (№1-5) давались животным по отдельности, при этом каждый следующий раствор давался через сутки после предыдущего. Затем всё повторялось снова. Такая схема введения должна была позволить практически полностью исключить антагонистическое влияние микроэлементов как на этапе всасывания в ЖКТ их соединений, так и на этапе включения в метаболические процессы.

Является достаточно распространённым мнение о том, что применение хелатных комплексных соединений металлов-микроэлементов полностью устраняет их антагонизм. Однако, вероятно это не вполне так. При использовании данных соединений можно уменьшить (или даже устранить) антагонистическое влияние на этапе всасывания в ЖКТ. Но антагонизм сохранится на этапе включения микроэлементов в метаболические процессы (после проникновения комплексных соединений в клетки и их разложения с высвобождением ионов металлов). Это будет обусловлено их конкуренцией за связывание с белками, в т.ч. за включение в состав активных центров ферментов и т.д. Поэтому введение в организм животных соединений разных микроэлементов по отдельности представляется обоснованным. В данной работе использовалась именно такая схема применения разработанной кормовой добавки.

Возможно одновременное использование растворов, содержащих комплексные соединения двух или более микроэлементов, не проявляющих антагонизм или обладающих синергизмом (например, $Co+Zn$, $Mn+Co$ и т.д.). Но этот вопрос целесообразно решать на этапе внедрения разработки в практику. На этапе проведения исследования такой задачи не ставилось.

Кроме того, такой подход не учитывал бы возможности передозировки того или иного микроэлемента при нормальном или избыточном его содержании в кормах, применяемых в том или ином животноводческом хозяйстве.

3.5 Исследования безопасности кормовой добавки на лабораторных животных (мышах)

3.5.1 Оценка местного раздражающего действия растворов

В экспериментах на лабораторных мышах оценивалось местное раздражающее действие каждого из растворов неорганических солей (CoSO_4 , MnSO_4 , CuSO_4 , FeCl_3 , ZnSO_4), раствора смеси данных солей, а также растворов хелатных комплексных соединений Cu, Zn, Mn, Co, Fe (11 опытных групп). Использовались растворы с теми же концентрациями, которые в дальнейшем давались козлятам (телятам давались более разбавленные растворы). В контрольной группе мышей использовалась дистиллированная вода. В каждой группе было по 10 мышей. Схема эксперимента представлена в таблице 3.

Таким образом, в данном исследовании использовалось 120 мышей.

Таблица 3 – Схема эксперимента по оценке местного раздражающего действия растворов, предлагаемых для последующего использования в качестве кормовых добавок.

№ группы	Раствор
1	Раствор CuSO_4 (0,156 моль/л)
2	Раствор CoSO_4 (0,0078 моль/л)
3	Раствор MnSO_4 (0,818 моль/л)
4	Раствор ZnSO_4 (0,6154 моль/л)
5	Раствор FeCl_3 (0,898 моль/л)
6	Раствор: FeCl_3 (0,179 моль/л), MnSO_4 (0,164 моль/л), CuSO_4 (0,031 моль/л), ZnSO_4 (0,123 моль/л), CoSO_4 (0,00156 моль/л)
7	Раствор хелатных комплексных соединений Cu (0,156 моль/л по меди)
8	Раствор хелатных комплексных соединений Mn (0,818 моль/л по марганцу)
9	Раствор хелатных комплексных соединений Zn (0,6154 моль/л по цинку)
10	Раствор хелатных комплексных соединений Co (0,00156 моль/л по кобальту)
11	Раствор хелатных комплексных соединений Fe (0,898 моль/л по железу)
12 (контроль)	Дистиллированная вода

Мыши были иммобилизованы, хвосты погружались в раствор с экспозицией 2 часа. Далее проводилась оценка результатов (наличия или отсутствия гиперемии, ожогов).

Во всех случаях при использовании растворов комплексных соединений (с рН от 5,0 до 7,0) местного раздражающего действия обнаружено не было (группы №7-11).

В то же время при использовании растворов неорганических солей меди, цинка, кобальта и марганца (с тем же молярным содержанием микроэлементов) было обнаружено слабое раздражающее действие.

Необходимо отметить, что местное раздражающее действие было более выраженным при использовании раствора FeCl_3 , что может быть связано с его окислительными свойствами и кислой рН.

Все указанные растворы в дальнейшем перорально давались сельскохозяйственным животным. Раздражения слизистой ротовой полости у них при этом не обнаруживалось.

3.5.2 Оценка общего токсического действия в дозировках, планируемых к дальнейшему применению

Была выполнена оценка общетоксического действия растворов неорганических солей меди, цинка, кобальта, марганца, железа, а также их комплексных соединений на лабораторных животных (белых нелинейных мышах средней массой $28 \pm 2,5$ г.). Соединения микроэлементов давались мышам в той же дозировке (мг/кг массы тела) и по тем же схемам, что и в дальнейшем сельскохозяйственным животным.

Мыши были разделены на 7 групп по 10 животных в каждой (всего 70 мышей).

Первые 4 группы мышей использовались для моделирования в дальнейшем эксперимента на козлятах, а группы № 5, 6 и 7 моделировали последующий эксперимент на телятах.

Первая группа мышей получала однократно последовательно (с интервалом в один день) растворы хелатных комплексных соединений меди, марганца, кобальта, цинка, железа объемом 50 мкл. Каждая мышь при этом получила 0,119 мг меди; 0,525 мг марганца; 0,0055 мг кобальта; 0,467 мг цинка; 0,583 мг железа. (Таким образом, данные растворы последовательно вводились в течение 5 дней.)

Вторая группа мышей получала однократно последовательно (с интервалом в один день) растворы CuSO_4 , MnSO_4 , CoSO_4 , ZnSO_4 , FeCl_3 объемом 50 мкл. Каждая мышь при этом получила 0,119 мг меди; 0,525 мг марганца; 0,0055 мг кобальта; 0,467 мг цинка; 0,583 мг железа. (Таким образом, данные растворы последовательно вводились в течение 5 дней.)

Третья группа мышей получала в течение 5 дней раствор всех используемых неорганических солей микроэлементов (CuSO_4 , MnSO_4 , CoSO_4 , ZnSO_4 , FeCl_3). При этом концентрация каждой из солей была в 5 раз меньше, чем в растворах, даваемых животным 2-й группы. Но поскольку данный раствор давался в течение 5 дней, то общая доза каждого из микроэлементов, полученная каждой мышью за это время была точно такой же, как и во 2-й группе.

Четвертой группе мышей в течение 5 дней перорально вводили по 50 мкл дистиллированной воды.

Пятая группа мышей получала растворы (по 50 мкл) хелатных комплексных соединений меди, марганца, кобальта, цинка, железа. Растворы комплексных соединений указанных микроэлементов вводились животным отдельно друг от друга по мелко-периодической схеме курсами. Каждый курс введения соединений пяти микроэлементов занимал пять дней, всего в течении 30 дней было выполнено 6 таких курсов введения. Каждая мышь при этом получила каждый раз по 0,0254 мг меди; 0,1495 мг марганца; 0,0022 мг кобальта; 0,168 мг цинка; 0,191 мг железа.

Общая доза микроэлементов, полученная животным в течение 30 дней эксперимента, составила 0,152 мг меди; 0,897 мг марганца; 0,0132 мг кобальта; 1,008 мг цинка; 1,146 мг железа.

Шестая группа животных по точно такой же схеме, что и в пятой группе получала растворы неорганических солей (CuSO_4 , MnSO_4 , CoSO_4 , ZnSO_4 , FeCl_3). Полученная доза микроэлементов была такой же, как и в пятой группе.

Седьмая группа мышей получала ежедневно по 50 мкл дистиллированной воды в течение 30 дней.

Таким образом, группы №4 и №7 являлись контрольными.

Убой мышей осуществлялся путём декапитации. Животные 1-й, 2-й, 3-й и 4-й групп выводились из эксперимента на 6 день, а животные 5-й, 6-й и 7-й на 31 день.

У мышей 2-й и 3-й групп к концу исследования (на 6 день перед убоем) отмечалась диарея, двигательная активность была несколько снижена. При патологоанатомическом исследовании отмечалось инъецирование сосудов брюшины, точечные кровоизлияния. Печень и селезёнка увеличены, соскоб красно-коричневого цвета; желчный пузырь наполнен тёмной желчью, увеличен в объёме; желудок вздут, сосуды инъецированы, слизистая оболочка с единичными кровоизлияниями у некоторых животных; тонкий кишечник сероватого цвета, на слизистой оболочке единичные кровоизлияния; толстый кишечник вздут, заполнен полужидкими каловыми массами; почки несколько увеличены, граница между корковым и мозговым веществом стёрта.

У мышей 4-й (контрольной) группы и большинства животных 1-й группы (8 из 10 животных) каких-либо патологических изменений выявлено не было. У двух мышей из первой группы в толстом кишечнике отмечалось наличие полужидких каловых масс.

Таким образом, по результатам патологоанатомического исследования, можно утверждать, что применение хелатных комплексных соединений

практически не вызывало патологических изменений в органах мышей. В то же время, при использовании неорганических солей в указанных выше дозировках и по указанным выше схемам отмечены изменения внутренних органов, которые можно связать с токсическим воздействием. В дальнейшем, по точно такой же схеме был проведён эксперимент на козлятах, животные получали растворы соединений микроэлементов в аналогичных дозах (мг/кг).

К концу исследования (на 31 день эксперимента, перед убоем) у мышей 6-й группы двигательная активность была снижена, отмечалась диарея. У животных 5 и 7 групп данных изменений не было. При патологоанатомическом исследовании мыши 6-й группы имели изменения внутренних органов, аналогичные таковым у животных 2-й и 3-й групп (но более выраженные).

У мышей 5-й группы была несколько увеличена печень по сравнению с животными 7-й (контрольной) группы. У мышей 7-й группы патологических изменений не обнаружено.

Полученные результаты также свидетельствуют о меньшей токсичности для мышей растворов хелатных комплексных соединений меди, цинка, кобальта, марганца, железа по сравнению с растворами их неорганических солей при применении по вышеуказанной схеме. В дальнейшем по аналогичной схеме был проведён эксперимент на телятах, которым соединения микроэлементов давались в таких же дозах (мг/кг).

3.6 Исследования на козлятах

3.6.1 Условия содержания козлят и зооигиенические параметры микроклимата

Козлята содержались групповым способом по 10 животных в каждой группе. Помещение для содержания козлят кирпичное, разделенное на 4 секции. Стены побелены, пол деревянный. Использовалась глубокая подстилка из соломы. Вентиляция естественная.

Кормление козлят осуществлялось 2 раза в день. Рацион состоял из разнотравного сена, молотого ячменя, корнеклубнеплодов (морковь). Поение животных производилось чистой водой из групповых поилок, температура воды 12°C.

Параметры микроклимата помещения для содержания козлят представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Параметры микроклимата помещения для содержания козлят.

Показатель	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Норма	6-11	50-85	0,1-0,3
Результаты измерений	10,7±0,4	75,1±0,6	0,2±0,04

Средняя температура в помещении составляла 10,7°C, относительная влажность воздуха составляла 75,1%, средняя скорость движения воздуха была 0,2 м/с.

Таким образом, условия содержания козлят соответствуют зоогигиеническим требованиям.

3.6.2 Результаты определения содержания микроэлементов в корме козлят

Козлята получали следующие корма: сено разнотравное, ячмень молотый, морковь.

При исследовании их проб были получены следующие результаты (табл. 5).

Таблица 5 – Содержание микроэлементов в исследованных образцах корма.

Показатели	Образец корма		
	Сено разнотравное	Ячмень молотый	Морковь
Содержание меди (мг/кг)	3,2±3	5,6±2	1±2
Содержание цинка (мг/кг)	11±1	21±2	2±1
Содержание железа (мг/кг)	300±44	0,05±0,1	6±3
Содержание марганца (мг/кг)	38±5	28±1	1,5±3

По органолептическим показателям качество кормов можно оценить, как среднее.

Также было выявлено низкое содержание железа (менее 0,010 мг/л) и меди (менее 0,005 мг/л) в воде, использованной для поения козлят.

Полученные результаты подтверждают, что дефицит микроэлементов в организме козлят был обусловлен недостаточным их поступлением с растительными кормами и водой.

3.6.3 Схема проведения исследования на козлятах

В личном подсобном хозяйстве для проведения исследований были сформированы 4 группы козлят зааненской породы возрастом 3 месяца и живой массой 12 ± 1 кг. В каждой группе находилось по 10 животных. (Всего в исследовании использовалось 40 козлят)

Растворы соединений разных микроэлементов давались по отдельности перорально с разницей в один день. Каждое животное получало по 5 мл раствора. Схема эксперимента представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Схема эксперимента на козлятах.

№ группы	Кол-во животных	Соединение	Содержание микроэлемента	Кратность введения
1	10	Комплексные соединения железа (III) с молочной кислотой, сахарозой, фруктозой и глицерином	250мг	Каждый раствор по 1 разу
		Комплексные соединения кобальта (II) с молочной кислотой, сахарозой, фруктозой и глицерином	2,3 мг	
		Комплексные соединения меди (II) с молочной кислотой, сахарозой, фруктозой и глицерином	51 мг	
		Комплексные соединения цинка (II) с молочной кислотой, сахарозой, фруктозой и глицерином	200 мг	
		Комплексные соединения марганца (II) с молочной кислотой, сахарозой, фруктозой и глицерином	225 мг	

Продолжение таблицы 6.

2	10	FeCl ₃	250 мг	Каждый раствор по 1 разу
		CoSO ₄	2,3 мг	
		CuSO ₄	51 мг	
		ZnSO ₄	200 мг	
		MnSO ₄	225 мг	
3	10	FeCl ₃	50 мг x5	Совместно 5 дней (5 раз)
		CoSO ₄	0,46 мг x5	
		CuSO ₄	10,2 мг x5	
		ZnSO ₄	40 мг x5	
		MnSO ₄	45 мг x5	
4	10	H ₂ O дист.	-	5 раз

Первая группа козлят получала растворы (5 мл) хелатных комплексных соединений меди, железа, марганца, кобальта, цинка в следующих дозировках по содержанию микроэлементов: медь 51 мг; железо 250 мг, цинк 200 мг, кобальт 2,3 мг, марганец 225 мг. Растворы хелатных комплексных соединений давались перорально по дробно-периодической схеме. Раствор комплексных соединений каждого из микроэлементов давался 1 раз. Введение раствора комплексных соединений каждого следующего микроэлемента осуществлялось через 1 сутки после введения предыдущего.

Вторая группа козлят по точно такой же схеме получала растворы (5 мл) CuSO₄, MnSO₄, CoSO₄, ZnSO₄, FeCl₃ в тех же дозировках по содержанию микроэлементов (медь 51 мг; железо 250 мг, цинк 200 мг, кобальт 2,3 мг, марганец 225 мг).

Третья группа козлят, в течение 5 дней, получала свежеприготовленный раствор (5 мл), содержащий CuSO₄, MnSO₄, CoSO₄, ZnSO₄, FeCl₃. Дозировка по содержанию микроэлементов была следующей: медь 10,2 мг; железо 50 мг, цинк 40 мг, кобальт 0,46 мг, марганец 45 мг. Таким образом, в данной группе разовая дозировка по каждому из микроэлементов была в 5 раз меньше, чем во 2-й

группе. Но в течение 5 дней (за 5 введений) животные 3-й группы получили такое же количество каждого из микроэлементов, как и животные 2-й группы.

Четвертая группа козлят являлась контрольной. Данные животные вместо растворов соединений микроэлементов в каждый из 5 дней получали по 5 мл дистиллированной воды.

Общая дозировка каждого из микроэлементов, полученных козлятами 1-й, 2-й и 3-й групп (независимо от схемы введения) в течение 5 дней соответствовала рекомендуемой (Калашников А.П. и др., 2003). Кормление, содержание и уход за исследуемыми животными всех трех групп были одинаковыми.

Для оценки содержания микроэлементов в организме козлят осуществлялось взятие крови из яремной вены для гематологического и биохимического анализа до введения микроэлементов (0 день) и на 6-й, 13-й, 20-й и 27-й день.

На 28 день был произведен убой козлят, а затем осуществлена ветеринарно-санитарная экспертиза туш, мяса, внутреннего жира и субпродуктов.

3.6.4 Результаты биохимических исследований крови козлят

В ходе исследования были получены следующие результаты, представленные в таблице 7.

Таблица 7 – Биохимические показатели крови козлят.

№	Цинк, мкг/%	Медь, мкг/%	Железо, мкмоль/л	Кобальт, мкг/%	Общий, белок г/л	Мочевина, моль/л	АСТ, ед/л	АЛТ, ед/л	Креатинин, мкмоль/л	
Норма	100-200	80-120	17,9-35,8	3,0-5,0	61-75	4,5-9,2	66-230	15-52	60-135	
До введения (0 день)	1	68,8± 7,2	92,9± 5,1	17,58± 0,9	3,58± 0,5	67,9± 3,9	6,63± 0,8	37,7± 11	22,2± 2,7	46,3± 4,8
	2	66,7± 3,6	88,5± 5,4	16,95± 0,8	3,62± 0,5	62,4±3 ,6	6,33± 0,5	37,6± 7,2	22,4± 2,9	33,1± 3,1
	3	67,9± 3,7	92,3± 3,1	17,5± 0,5	3,35± 0,4	70,7± 3,8	6,84± 0,4	39,6± 2,6	23,9± 2,4	51,5± 3,6
	4	66,9± 2,4	90,2± 4,3	16,95± 0,5	3,71± 0,5	71,4± 2,7	6,09± 0,6	42,3± 3,5	21,6±2	35,8± 4,4
6 день	1	108,9± 5,9**	100,5± 5,1**	28,12± 2**	4,46± 0,4	68,9± 1,5	4,03± 0,2	48,8± 2,9	23,4± 3,4	56± 3,2**
	2	102,1 ±4,7**	95,2± 5,2*	26,28± 1**	4±0,4	65±3**	4±0,4	50,6± 4,5	24,1± 2,9	69,4± 4,6
	3	96,4± 5,6**	90,5± 3,6	25,47± 0,5**	3,94± 0,3*	70,6± 3,9	4,53± 0,5	46,5± 1,7*	24,6± 3,2	65,8± 8,3
	4	72,8± 6,2	89,7±7	17,48± 1,6	3,29± 0,6	70,7± 3,5	4,12± 0,6	49,7± 3,7	22,4±3	66,5± 4,2
13 день	1	102,3± 4,7**	99,2± 5,1	25,02± 0,4**	4± 0,3**	72,67±2 ,7	3,2± 0,8	72,2± 10,6	25,43± 1,5	125,8± 3,7**
	2	101± 2,7**	97±7	19,65± 0,5**	3,85± 0,4**	67,6± 4,2**	2,99± 0,5	70,87± 7,2	22,8± 2,8	118,5± 4
	3	96,8± 8,3**	97,7±4	19,83± 0,8**	3,76± 0,3**	72,4± 3,4	3,27± 0,3	71,5± 2,2**	25,7± 2,4	107,1± 4,8**
	4	70,9± 3,1	90,4± 4,5	17,66± 1,3	3,22± 0,3	73,2± 4,4	3,24± 0,4	67±4,9	23,8± 3,04	117,6± 4
20 день	1	99,1± 5,2**	97,6± 5,4**	20,06± 2,9**	3,25± 0,1	72,7± 3,3*	3,52± 0,5	79,7± 5,6	31,1± 3,7**	108,4± 1,5
	2	95,5± 5,5**	94,1± 4**	19,07± 1,04**	3,12± 0,3	72,1± 2,9	3,36± 0,4	84,1± 7,1	33,5±4	100± 7,9
	3	87,9± 6,2**	88,9± 3,6**	18,25± 0,7**	3,31± 0,2	70,7±2	3,28± 0,5	80,4± 9,6	34,6± 4,6	102,9± 6,5
	4	77,9± 5,8	87,3± 4,1	15,8± 0,5	3,25± 0,2	69,1± 3,9	3,41± 0,7	83,2± 7,5	31±4,5	103,9± 6,5
27 день	1	80,4± 4,1**	94,9± 2,7**	17,07± 0,7*	3,31± 0,4	67,3±3	3,2± 0,1	87,5± 11,2	35,4± 3,6	121,2± 4,2
	2	75,1± 4,7**	85,6± 5,6	17,29± 0,8	3,17± 0,4	64,9±3	3,53± 0,4	88,1± 6,4	36,2± 6,9	125,6± 7,2
	3	70,5± 3,2	88,9± 5,4	17,73± 0,5	3,15± 0,3	66,4± 4,6	3,36± 0,2	86,4± 6,7	34,7± 5,3**	124,9± 7,3
	4	69,8± 2,8	89,7± 7,4	17,55± 0,5	3,34± 0,2	65,1± 3,9	3,51± 0,5	91,5± 9,9	38,6± 4,7	120,3± 5,2

Примечание. Достоверность различий по сравнению с контролем * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$).

В ходе исследования было определено содержание меди, цинка, кобальта и железа в крови козлят. Полученные результаты представлены на рисунках (рис. 1-4).

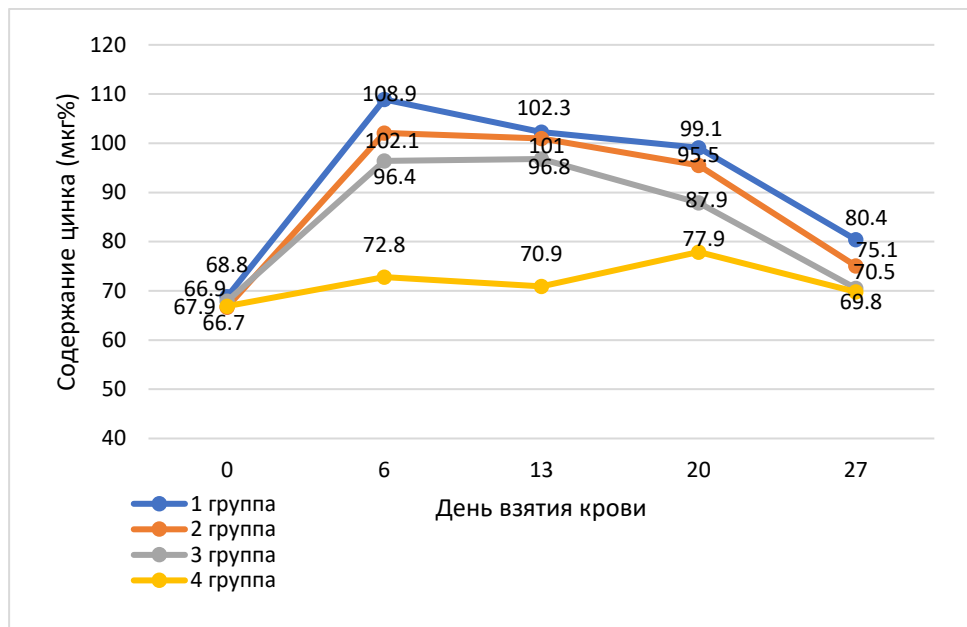


Рис. 1. Динамика изменения содержания цинка в крови козлят в ходе проведения исследования.

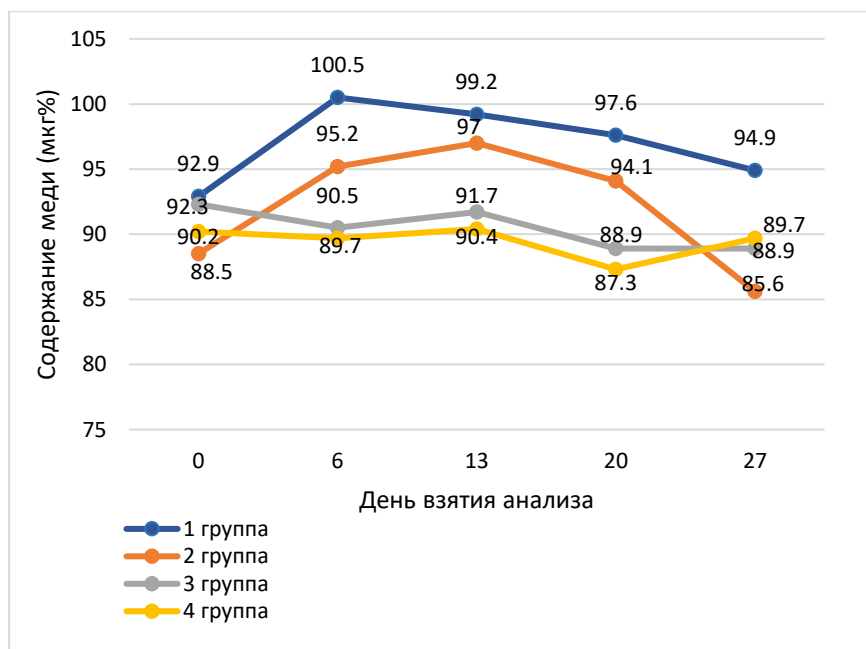


Рис. 2. Динамика изменения содержания меди в крови козлят в ходе проведения исследования.

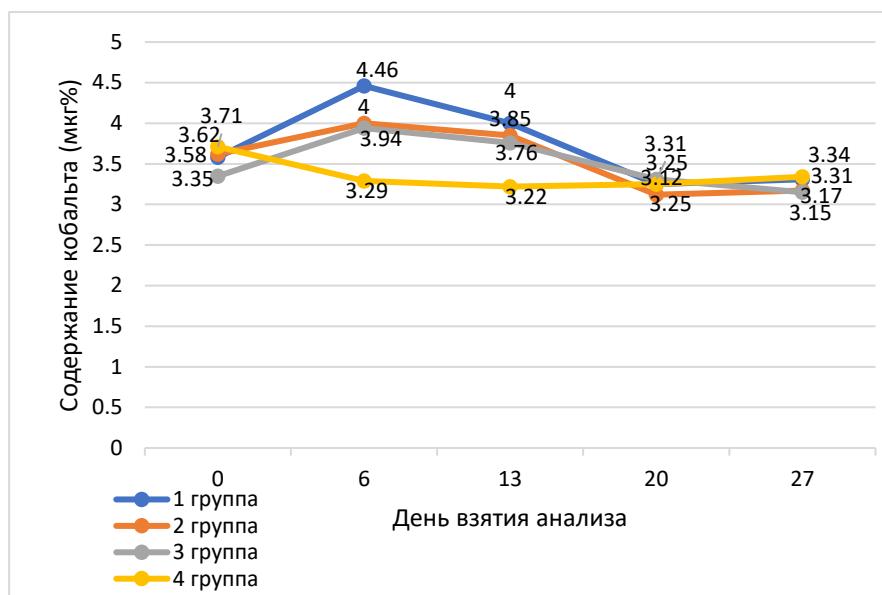


Рис. 3. Динамика изменения содержания кобальта в крови козлят в ходе проведения эксперимента.

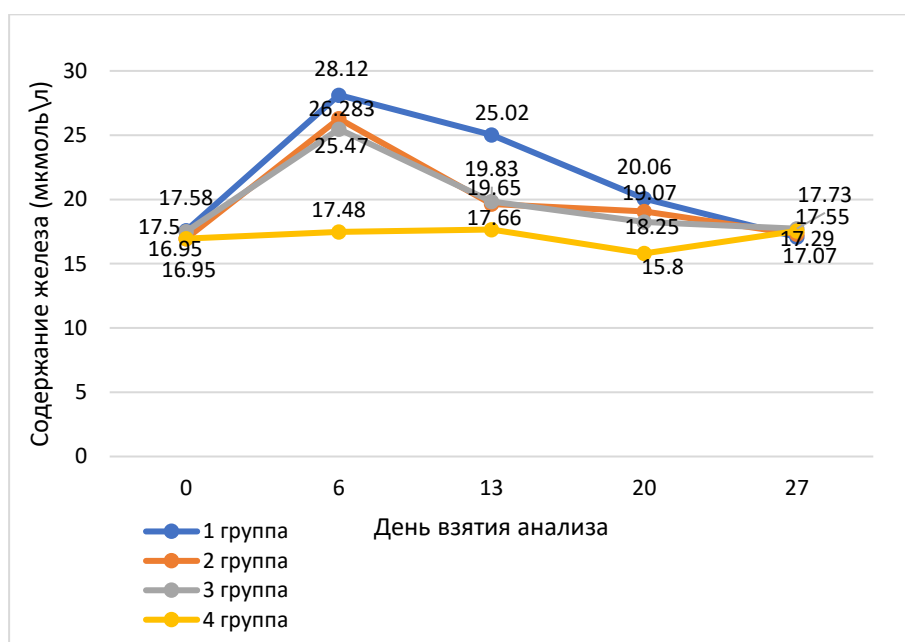


Рис. 4. Динамика изменения содержания железа в крови козлят в ходе проведения эксперимента.

При исследовании крови козлят до начала эксперимента, было установлено, что содержание железа и цинка ниже нормы, содержание меди и кобальта соответствует норме, но приближается к ее нижней границе.

В образцах крови, взятых на следующий день после завершения введения растворов соединений микроэлементов отмечено повышение (по сравнению с показателями контрольной группы) содержания меди, железа, кобальта и цинка у животных 1-й, 2-й и 3-й групп.

Далее их концентрация постепенно снижалась и приближалась к исходным значениям к концу исследования (рис. 1-4). Данные о достоверности различий полученных результатов представлены в таблице 7.

Наиболее выраженным повышением содержания микроэлементов в крови оказалось у животных 1-й группы, получавшей растворы их хелатных комплексных соединений. Это можно объяснить их лучшим усвоением.

В крови животных 2-й группы содержание микроэлементов оказалось несколько выше (хотя и не во всех случаях достоверно) по сравнению с 3-й группой. Это можно объяснить тем, что при раздельном введении животным растворов неорганических солей усвоение микроэлементов происходило лучше из-за снижения антагонистического влияния микроэлементов.

На рисунках 5-9 представлена динамика изменения таких показателей, как содержание креатинина, мочевины, общего белка, а также активности АЛТ и АСТ.

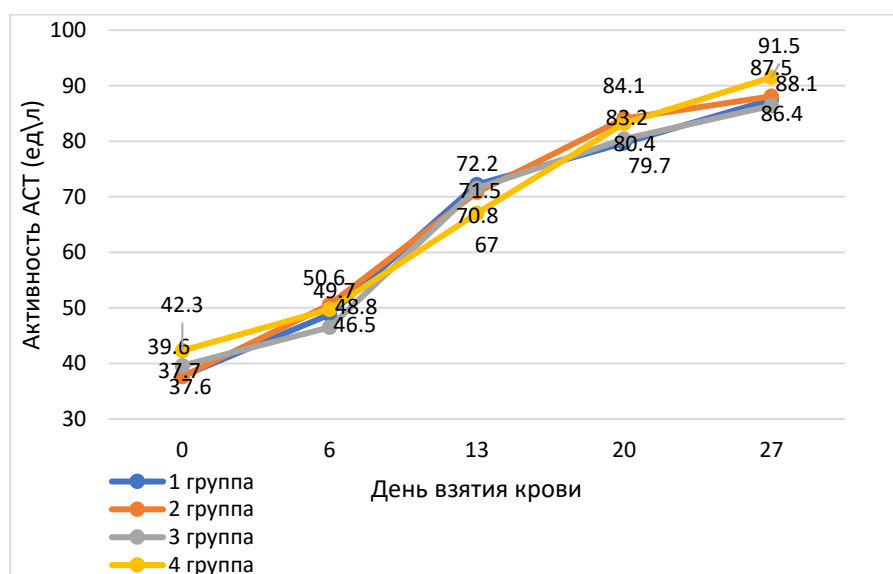


Рис. 5. Изменение активности АСТ в ходе исследования.

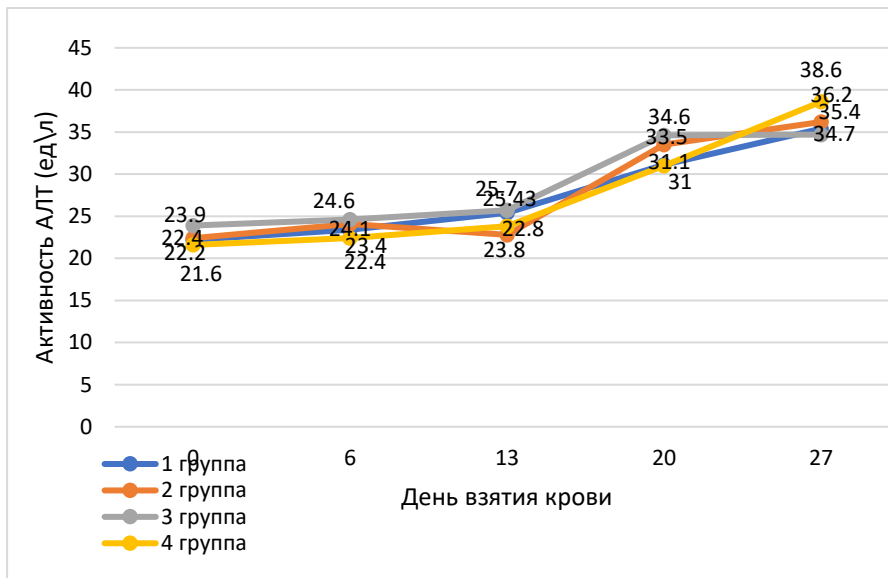


Рис. 6. Изменение активности АЛТ в ходе исследования.

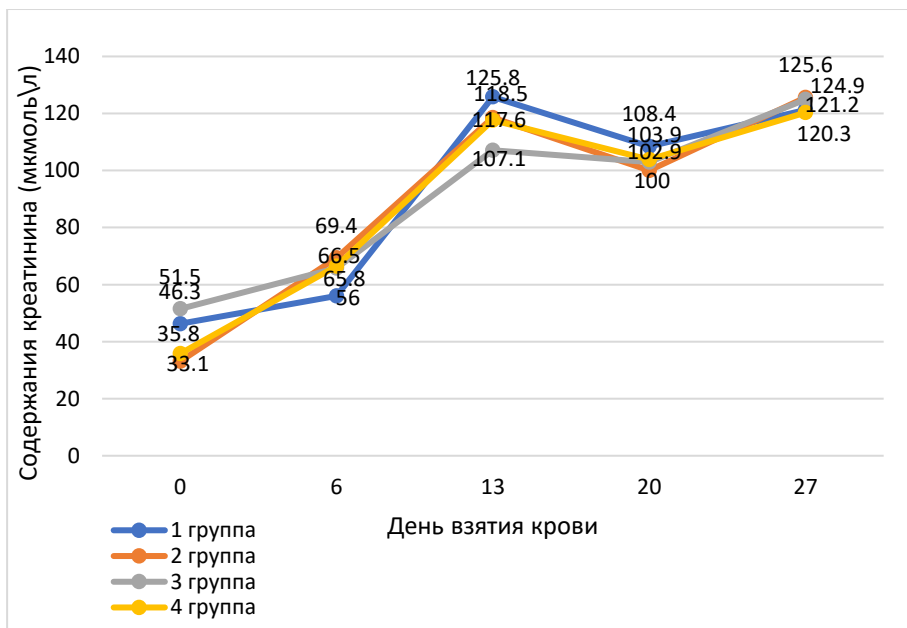


Рис. 7. Динамика изменения содержания креатинина в крови козлят в ходе проведения исследования.

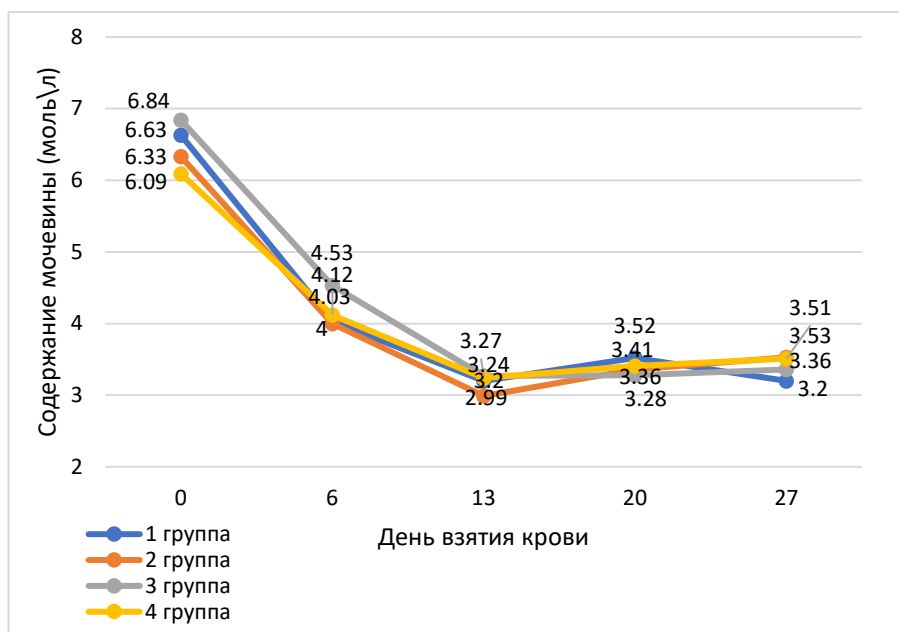


Рис. 8. Динамика изменения содержания мочевины в крови козлят в ходе проведения исследования.

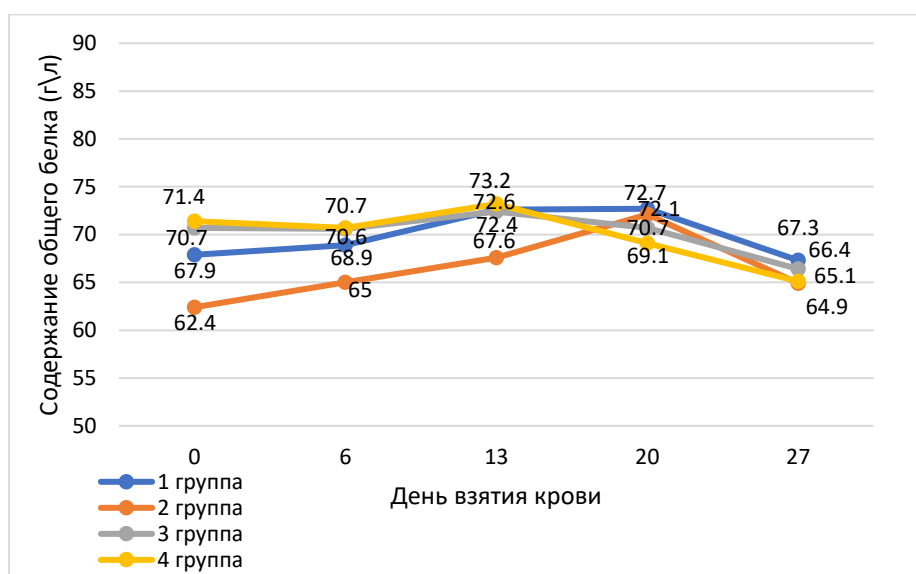


Рис. 9. Динамика изменения содержания общего белка в крови козлят в ходе проведения исследования.

Активность АЛТ и АСТ находилась в пределах нормальных значений у животных всех четырех групп, хотя и постепенно повышалась на протяжении эксперимента. Различия величины данных показателей в 1-й, 2-й, 3-й группах оказались недостоверными по сравнению с контролем (4-й группой) (табл. 7).

Содержание в крови общего белка также не имело достоверных различий между опытными группами и контролем (табл. 7).

В ходе исследования постепенно снижалось содержание мочевины и повышалось содержание креатинина. Однако данные изменения не выходили за границы нормы и происходили во всех четырех группах. При этом различия между опытными группами и контролем не являлись достоверными (табл. 7).

Таким образом, изменения величины данных показателей нельзя считать связанными с введением животным растворов соединений рассматриваемых микроэлементов.

Как уже отмечалось, пероральное введение животным 1-й и 2-й группы соединений Cu, Fe, Zn, Co, Mn осуществлялось на протяжении 5 дней (в каждый из этих дней вводились соединения только одного микроэлемента). При этом дозировка однократно вводимых соединений Cu, Fe, Zn, Co в 5 раз превышала рекомендуемую суточную дозу (Калашников А.П. и др., 2003). Следовательно, животные 1-й и 2-й групп за 5 дней в среднем получили точно такое же количество каждого микроэлемента, как и животные 3-й группы (получавшие соединения всех микроэлементов ежедневно в рекомендуемых дозировках) (Калашников А.П. и др., 2003).

Таким образом, даже один курс введения соединений микроэлементов по предлагаемой схеме давал пусть и не слишком продолжительный, но вполне заметный положительный результат. Он заключался в повышении содержания микроэлементов в крови животных по сравнению с контролем. При этом данное повышение было более выраженным у животных первой группы, получавших хелатные комплексные соединения. Можно считать перспективным лечение гипомикроэлементозов животных несколькими такими курсами.

3.6.5 Результаты гематологических исследований у козлят

Результаты гематологических исследований у козлят представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Результаты гематологических исследований у козлят.

	№	RBC, *10 ¹² /L	WBC, *10 ⁹ /L	HGB, g/L	HCT, %	MCV, fl.	MCH, pg.	MONO, *10 ⁹ /L	LYM, *10 ⁹ /L	GRAN, *10 ⁹ /L
Норма		8-18	4-13	80-120	19,0-38,0	16-25	5,2-8	0,3-1,6	2-9	2,3-9,1
До	1	15,804±0,8	13,6±0,9	94,6±6,2	25,59±2,2	15,68±1,3	5,73±0,5	1,09±0,3	5,35±0,8	5,04±0,6
Введения (0 день)	2	15,347±0,7	10,14±0,9	82±4,5	22,82±1,3	14,43±1,25	5,06±0,5	1,21±0,2	7,14±0,2	7,17±2,6
	3	15,67±0,5	9,13±0,6	88,8±5,3	23,24±0,5	15,07±0,6	4,85±0,6	1,23±0,2	6,36±0,8	5,79±0,8
	4	15,303±1,2	10,86±1,6	90,9±4,7	24,34±1,3	14,72±0,8	5,28±0,4	1,32±0,1	5,65±0,6	5,68±1
6 день	1	15,552±1,2	10,32±1,8	95,7±7,1*	26,34±1,9**	15,86±1,02	5,86±0,3**	2,09±0,6	7,54±2,1*	8,38±3,9
	2	15,267±1,1	11,03±1,2*	89,5±10,1	25,52±2,9*	15,93±1,7	5,67±0,6	1,47±0,7	6,29±0,8	5,21±3,2*
	3	15,25±0,9	10,34±0,8	92,8±5,9	25,8±1,3*	15,37±0,3	5,57±0,6	1,36±0,3	7,59±1,3*	6,22±1,1*
	4	15,021±0,7	10,5±2,03	88,7±5,6	24,92±0,6	15,35±0,4	5,32±0,3	1,78±0,5	5,46±0,9	8,36±2,5
13 день	1	16,464±1,2**	11,35±2,1	102,3±8,1**	28,48±2,1**	16,3±0,7**	5,95±0,3**	1,23±1,3	7,02±0,8	7,58±5,6
	2	15,633±1,5	11,91±2,3	90,1±10,3	23,02±6,4	15,87±1,5	5,31±0,5	1,68±0,9	6,84±0,6	6,56±3,6
	3	15,54±0,7	10,63±0,9	93,2±6,4	25,6±0,8**	15,17±0,7	5,04±0,6	1,39±0,3	6,06±0,9*	5,98±1
	4	15,249±0,5	11,43±1,5	90,8±5,3	24,71±0,5	15,12±0,4	5,27±0,4	1,28±0,1	7,02±0,8	5,45±0,8
20 день	1	16,501±1,2*	11,04±1,3*	98±9,6	25,61±2,1	16,1±0,8*	6,06±0,3**	1,23±0,2	6,96±1,2*	4,62±0,6*
	2	15,45±0,4	9,96±0,3	97,3±5,8	25,01±0,6	15,25±0,4	5,2±0,4	1,23±0,2	5,16±1,2	4,65±0,7*
	3	15,357±1,3	10,51±1,6	86,5±17,4	25,62±2,8	15,55±1,6	5,2±0,5	1,18±0,1	5,59±1,2	3,51±1
	4	15,138±0,9	10,19±1,6	94,5±4,7	25,05±1,3	15,29±0,4	5,21±0,5	1,31±0,2	5,38±0,9	3,49±1,1
27 день	1	16,674±1,2**	10,33±1,1	99,8±8,8**	25,95±1,4**	16,22±0,8**	5,81±0,4*	1,27±0,1	6,02±0,8	3,57±9,6**
	2	15,399±0,9	10,99±1,4	90±8,7	24,68±2,1	15,74±1,5	5,11±0,6	1,22±0,1	7,33±0,8**	3,66±0,8
	3	15,3±0,7	10,33±0,7	93,2±5,8	24,94±0,6	15,24±0,6	5,69±0,5	1,26±0,1	5,96±0,6	4,06±0,9
	4	15,098±0,5	10,34±1,1	88,7±6,4	24,63±0,6	15,33±0,3	5,35±0,4	1,3±0,1	5,56±0,5	4,21±0,6

Примечание. Достоверность различий по сравнению с контролем * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$).

У животных всех четырех групп до начала эксперимента содержание эритроцитов было в пределах нормы. Содержание гемоглобина также не выходило за пределы нормы, но было ближе к нижней ее границе. Гематокрит соответствовал норме.

Такие показатели как содержание гемоглобина в эритроцитах (МСН) и средний объём эритроцитов (МСV) были несколько ниже нормы или соответствовали ее нижней границе. Динамика изменения данных показателей представлена на рисунках (рис.10- 14).

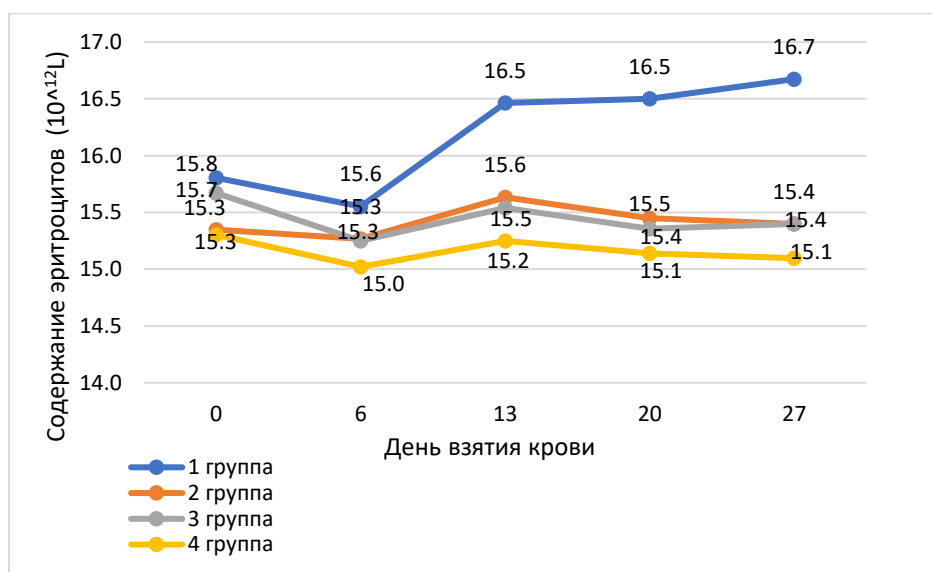


Рис. 10. Изменение содержания эритроцитов (RBC) в крови козлят в ходе исследования.

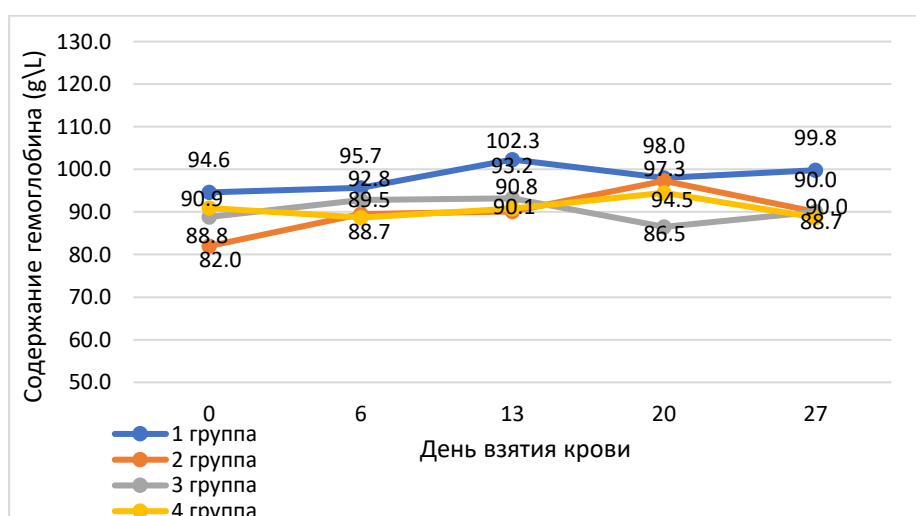


Рис. 11. Изменение содержания гемоглобина (HGB) в крови козлят в ходе исследования.

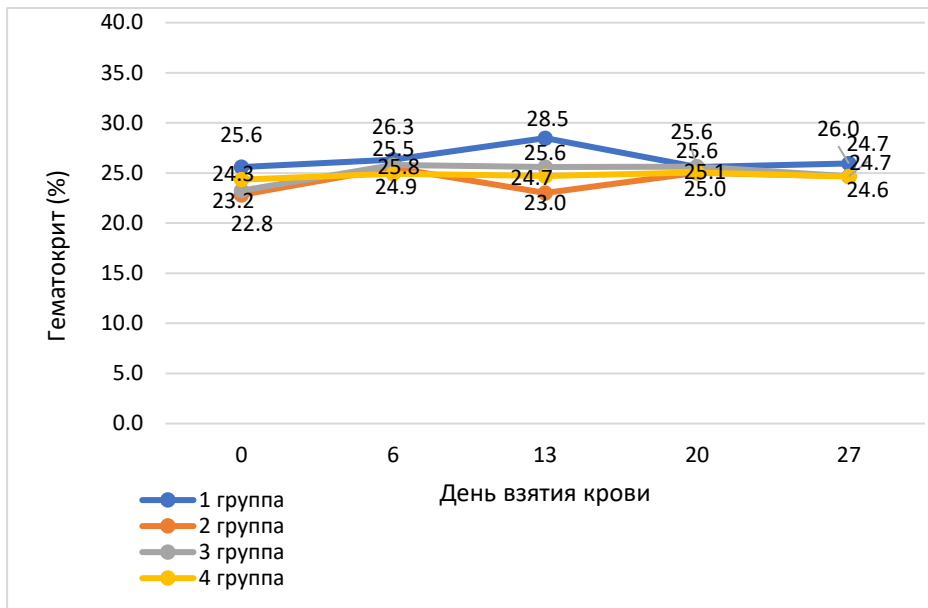


Рис. 12. Изменение гематокрита (HCT) у козлят в ходе исследования.

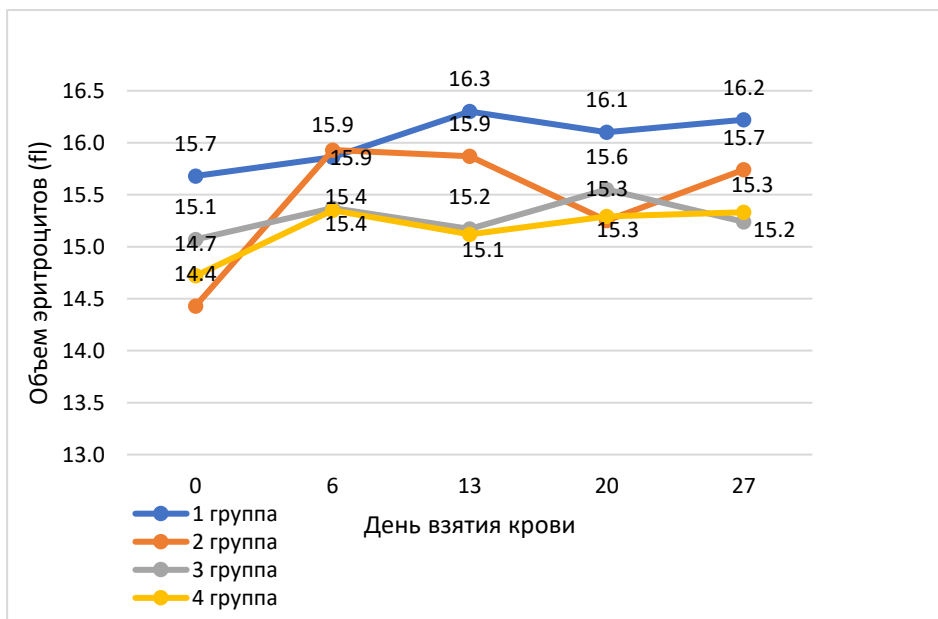


Рис. 13. Изменение объёма эритроцитов (MCV) у козлят в ходе исследования.

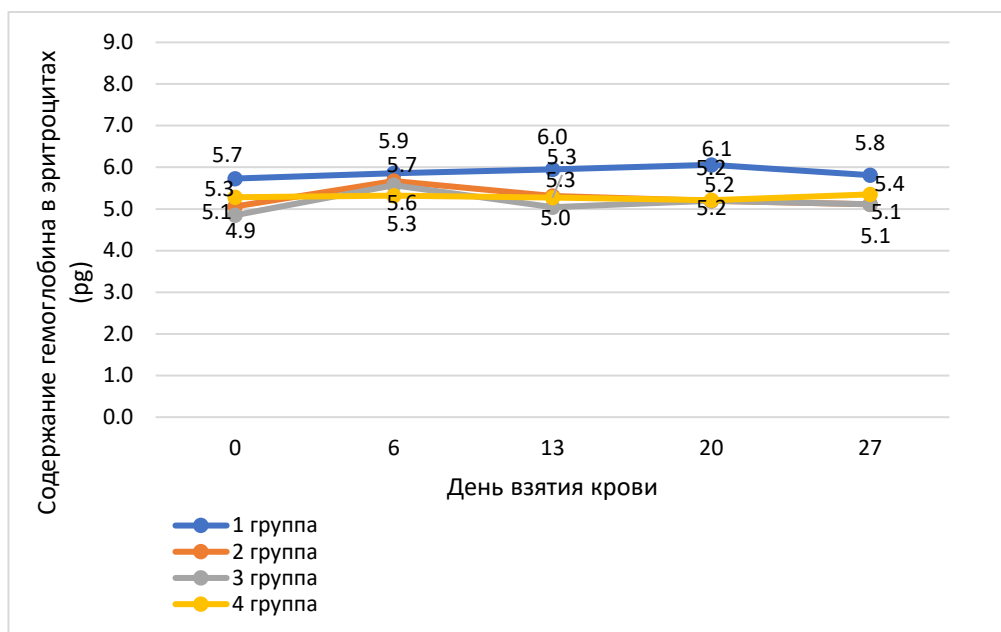


Рис. 14. Изменение среднего содержания гемоглобина в эритроцитах (MCH) у козлят в ходе исследования.

После перорального введения соединений микроэлементов у животных первой группы в пробах крови отмечено достоверное (табл. 8) повышение (по сравнению с контролем) содержания эритроцитов и гемоглобина, повышение гематокрита, MCV и MCH. Данные изменения были достоверными (табл. 8) при исследовании образцов крови, взятых, начиная с 6-го или 13-го дня эксперимента, и далее.

У животных 2-й и 3-й групп, получавших растворы неорганических солей тех же микроэлементов, различия в содержании эритроцитов, гемоглобина и величине MCV и MCH не являлись достоверными ($p > 0,05$). Однако было отмечено достоверное (табл. 8) повышение гематокрита у животных 2-й группы (в пробе крови, взятой на 6 день) и 3-й группы (в пробах, взятых на 6-й и 13-й дни).

Полученные результаты свидетельствуют об усилении процессов биосинтеза гемоглобина и эритропоэза у животных 1-й группы, получавших хелатные комплексные соединения меди, цинка, кобальта, марганца и железа. У животных 2-й и 3-й групп данные изменения оказались менее выраженными.

Данный результат можно объяснить более высокой биодоступностью хелатных комплексных соединений по сравнению с их неорганическими солями. Необходимо отметить, что для протекания эритропоэза необходимо не только железо, входящее в состав гемоглобина, но и другие металлы- микроэлементы, входящие в состав различных металлоферментов.

На рисунках (рис. 15-18) представлена динамика изменения общего содержания лейкоцитов, содержания лимфоцитов, моноцитов, гранулоцитов.

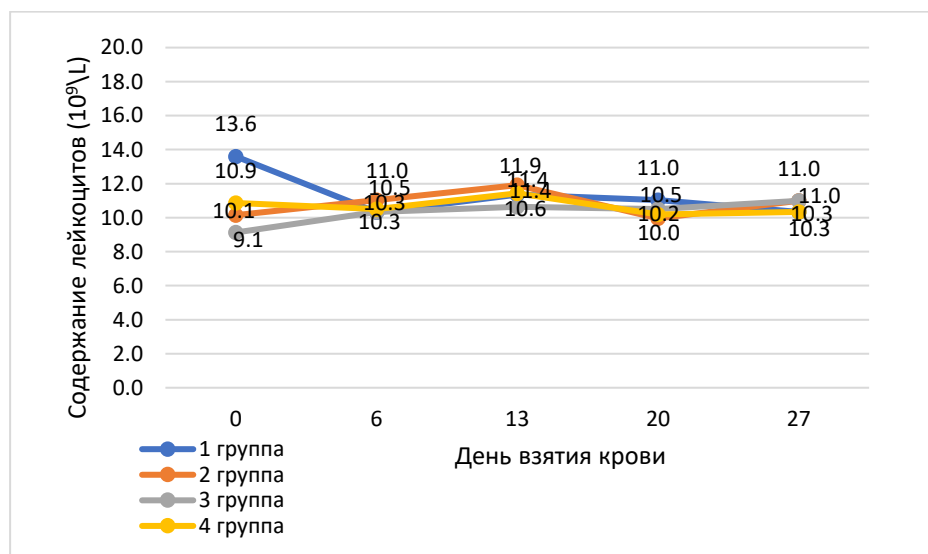


Рис. 15. Изменение общего содержания лейкоцитов (WBC) в крови козлят в ходе исследования.

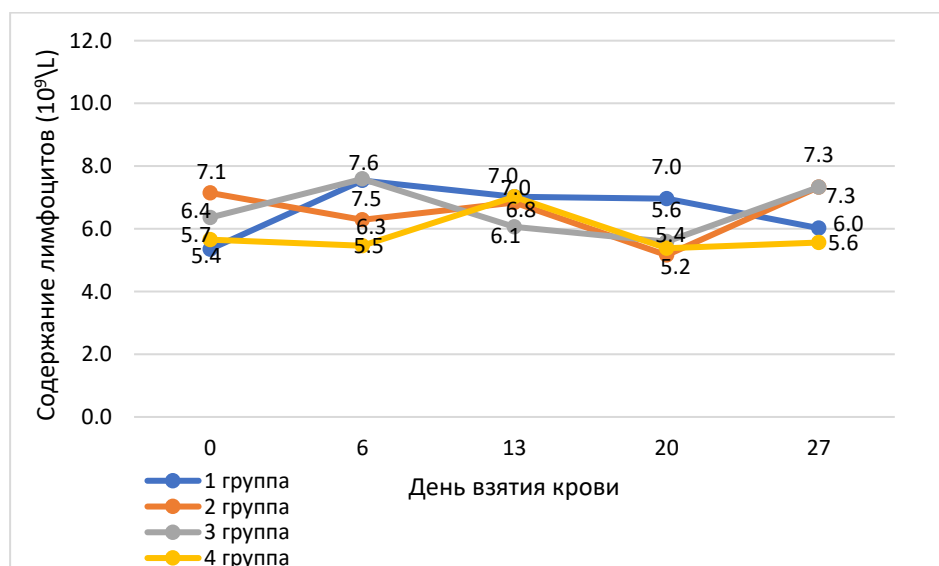


Рис. 16. Изменение содержания лимфоцитов (LYM) в крови козлят в ходе исследования.

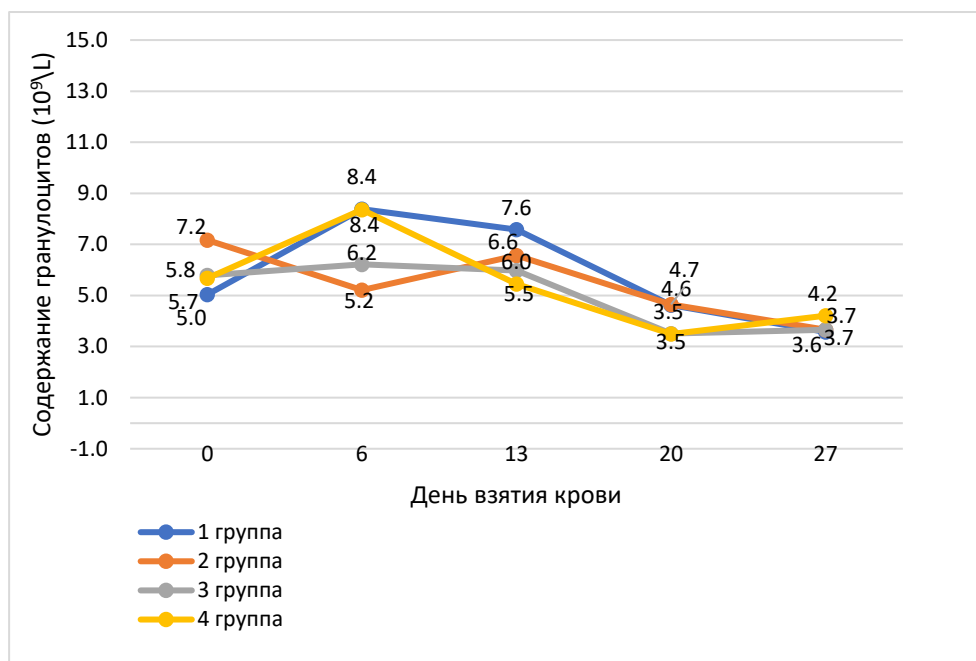


Рис. 17. Изменение содержания гранулоцитов (GRAN) в крови козлят в ходе исследования.

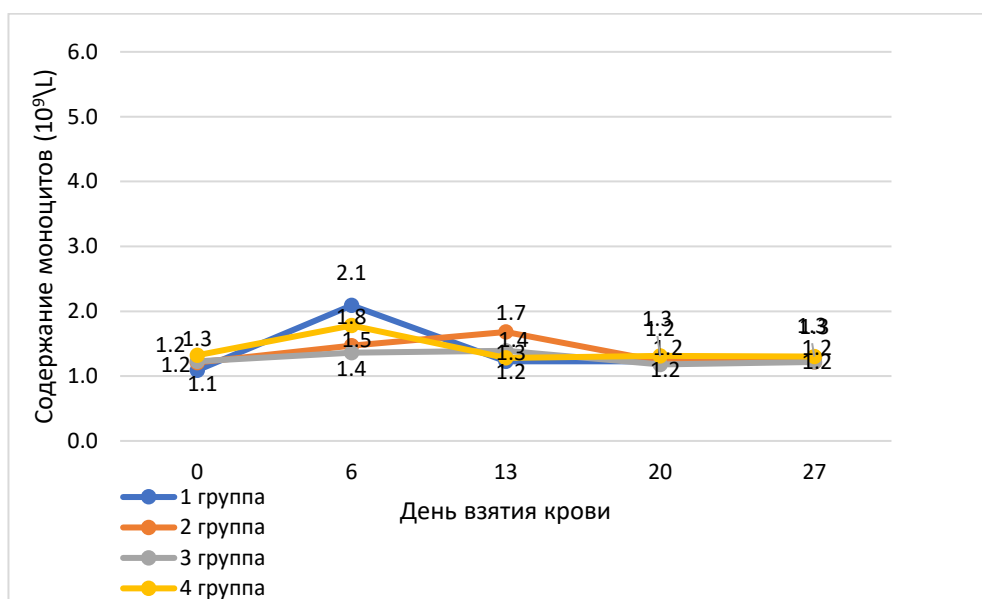


Рис. 18. Изменение содержания моноцитов (MONO) в крови козлят в ходе исследования.

До начала исследования и в ходе его выполнения общее содержание лейкоцитов у большинства животных не выходило за пределы нормы. Лишь у части козлят 1-й группы был выявлен незначительный лейкоцитоз в пробах крови,

взятых до начала исследования (0-й день). Однако в дальнейшем содержание лейкоцитов было нормальным.

Содержание моноцитов, гранулоцитов и лимфоцитов в крови животных опытных групп (1-й, 2-й и 3-й) в отдельных пробах имело достоверные различия (табл. 8) по сравнению с контролем, но как правило, не выходило за пределы нормы. На основании данных результатов каких-либо закономерностей выявить не удается.

Следует отметить, что содержание лейкоцитов зависит от множества факторов. Поэтому нельзя утверждать, что обнаруженные изменения (тем более, разнонаправленные) могут быть связаны именно с введением соединений микроэлементов.

3.6.6 Оценка общего состояния и прироста массы козлят

До начала эксперимента у животных наблюдались выраженные признаки гипомикроэлементоза: снижение двигательной активности, слабость, взъерошенный и тусклый волосяной покров. В области конечностей были выявлены алопеции. Эластичность кожи снижена. Кожа грубая, складчатая, шелушащаяся.

Аппетит у животных был снижен и извращен. Козлята облизывали друг друга, стены, кормушки и другие несъедобные предметы. У некоторых животных периодически наблюдалась диарея.

В течение эксперимента у исследуемых животных 1-й группы улучшилось общее состояние: исчезла диарея, нормализовался аппетит, волосяной покров восстановился полностью. У животных 2-й группы также отмечены положительные изменения, но они были менее выражены, улучшение состояния волосяного покрова происходило медленнее. В 3-й группе диарея еще сохранялась у некоторых животных, волосяной покров восстановился в меньшей степени. У животных 4-й группы положительных изменений не отмечено.

В таблице 9 представлены значения живой массы и среднесуточного прироста массы козлят в период исследования.

Таблица 9 – Масса козлят (кг) и её среднесуточный прирост.

Дни исследования	1-я группа	2-я группа	3-я группа	4-я группа (контрольная)
До начала исследования (0 день)	12,1±0,3	11,7±0,3	11,8±0,2	12,0±0,2
6 день	12,6±0,2**	12,0±0,3	12,3±0,2	12,2±0,3
13 день	13,5±0,3**	12,6±0,3	12,9±0,2*	12,5±0,2
20 день	14,2±0,2**	13,3±0,2**	13,2±0,1**	12,9±0,1
27 день	15,1±0,2**	14,2±0,2**	13,9±0,1**	13,2±0,1
Среднесуточный прирост (кг).	0,115	0,096	0,080	0,046

*Примечание. Достоверность различий по сравнению с контролем * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$).*

У животных 1-й группы прирост массы (общий и среднесуточный) был наиболее высоким, 4-й (контрольной) группы – самым низким. У козлят 2-й группы он был выше, чем у 3-й, но ниже, чем у 1-й. Достоверность различий прироста живой массы у животных опытных групп по сравнению с контролем указана в таблице 9.

Полученные результаты позволяют утверждать, что использование хелатных комплексных соединений обеспечивало более высокий прирост массы и более выраженное улучшение общего состояния козлят по сравнению с применением растворов неорганических солей. При этом при использовании отдельного введения животным растворов неорганических солей металлов микроэлементов были получены лучшие результаты, чем при их совместном введении.

3.6.7 Химический состав и биологическая ценность мяса козлят

3.6.7.1 Оценка мясной продуктивности козлят

На мясную продуктивность сельскохозяйственных животных влияет множество факторов. Наиболее важными факторами являются порода, пол, возраст, кормление, содержание и состояние здоровья животных.

При дефиците жизненно важных микроэлементов в почве, воде, кормах и соответственно в самом организме, продуктивность животных будет снижаться (Fox J.G., 2014; Арсанукаев Д.Л., 2018; Ратошный А.Н. и др., 2017). Животные могут худеть, что, несомненно, скажется при определении их упитанности и послеубойной оценке стоимости туши, субпродуктов и их качестве.

После завершения основной части исследования на 28 день был осуществлен убой всех козлят (достигших 4-х месячного возраста) и выполнена ветеринарно-санитарная экспертиза туш и внутренних органов.

Послеубойный ветеринарно-санитарный осмотр туш и субпродуктов осуществляли в соответствии с «Правилами ветеринарного осмотра убойных животных и ветеринарно-санитарной экспертизы мяса и мясных продуктов». Количественные и качественные показатели мясной продуктивности козлят представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Количественные и качественные показатели мясной продуктивности козлят.

Показатели	группы животных			
	1 группа	2 группа	3-я группа	4-я группа (контрольная)
Абсолютный прирост, кг	3,0±0,2**	2,5±0,4**	2,1±0,2**	1,2±0,1
Предубойная масса, кг	14,8±0,3**	13,8±0,5**	13,5±0,5*	13,0±0,4
Убойная масса, кг	6,8±0,3**	6,3±0,3**	5,9±0,3**	5,4±0,4
Убойный выход %	45	45	43	41
Категория туш	1	2	2	2
Показатели упитанности туши	соответствуют ГОСТ 31777-2012			
Органолептические показатели	соответствуют ГОСТ 7269-2015			
Биохимические показатели	соответствуют нормативным требованиям			
Масса субпродуктов (общая), г	740±7,4**	691±11,6**	720±10,2**	647±11,6
Сердце, г	100±3,4*	95±3	97±4,1	97±3,3

Продолжение таблицы 10.

Лёгкие, г	240±6,8**	200±4,6**	220±8,1**	190±5,2
Печень, г	350±7,2**	345±5,8**	340±5,4**	310±8,9
Почки, г	50±3,9	51±3,4	45±3,8*	50±3,9

*Примечание. Достоверность различий по сравнению с контролем * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$).*

Абсолютный прирост массы у животных первой группы был наиболее высоким и составил 3,0 кг.

У первой группы животных также отмечалось наиболее значительное повышение выхода туши и субпродуктов. У животных второй и третьей групп, данные показатели были ниже, чем в первой группе, но выше, чем в контроле.

Это можно объяснить тем, что у козлят в возрасте около трех месяцев начинается достаточно интенсивный рост. А восполнение дефицита микроэлементов у животных способствовало более своевременному вступлению козлят в этот период развития.

У животных второй и третьей групп (получавших растворы неорганических солей) усвоение микроэлементов было несколько меньшим, результатом чего было получение менее высоких показателей прироста массы.

Животные четвертой (контрольной) группы испытывали более выраженный дефицит микроэлементов, что способствовало некоторой задержке их развития.

3.6.7.2 Оценка содержания микроэлементов в мясе козлят

Атомно-адсорбционным методом было выполнено определение содержания микроэлементов (Cu, Zn, Mn, Co, Fe) в мясе козлят (табл. 11).

Для исследования мяса животных каждой группы использовалась средняя проба, содержащая равномерно перемешанное мясо нескольких животных.

Таблица 11 – Содержание микроэлементов в мясе козлят.

Элемент	1-я группа	2-я группа	3-я группа	4-я группа (контрольная)
Кобальт (мг/кг)	0,20	0,12	0,035	0,010
Железо (мг/кг)	17,7	17,66	15,85	15,8
Цинк (мг/кг)	31,75	29,1	27,25	20,31
Медь (мг/кг)	1,18	0,88	0,84	0,83
Марганец (мг/кг)	2,25	<0,010	<0,010	<0,010

Наибольшее содержание микроэлементов (цинка, меди и, в особенности, марганца) было в мясе козлят первой группы, получавшей хелатные комплексные соединения микроэлементов. Это можно объяснить более высокой биодоступностью.

В мясе животных второй и третьей групп (получавших растворы неорганических солей) содержание микроэлементов было меньшим, чем у первой группы.

При этом более высокое содержание микроэлементов в мясе животных второй группы по сравнению с третьей свидетельствует о большей эффективности отдельного введения, уменьшающей влияние антагонизма микроэлементов.

В мясе козлят четвертой (контрольной группы) содержание микроэлементов оказалось наименьшим.

3.6.7.3 Оценка биологической ценности мяса козлят

Для оценки биологической ценности мяса козлят были сформированы 4 группы крысят (самцов) возрастом 1 месяц, по 10 животных в каждой группе.

Животным 1 группы вволю скармливали мясо козлят, которые получали хелатные комплексные соединения микроэлементов.

Животным 2 группы вволю скармливали мясо козлят, которые отдельно получали растворы неорганических солей микроэлементов ($MnSO_4$, $CuSO_4$, $ZnSO_4$, $CoSO_4$, $FeCl_3$).

Крысятам 3 группы так же скармливали мясо козлят, которые получали растворы, одновременно содержащие $MnSO_4$, $CuSO_4$, $ZnSO_4$, $CoSO_4$, $FeCl_3$.

Животным 4 группы (контрольной) скармливали мясо контрольных животных (получавших дистиллированную воду вместо растворов соединений микроэлементов).

В течении 28 дней ежедневно фиксировали количество съеденного крысятами корма и учитывали прирост массы тела животных на 3,7,10,14,21 и 28 день.

Состояние крысят в период эксперимента было в пределах физиологической нормы. В таблице 12 представлена динамика изменения массы тела крысят.

Таблица 12 – Средние значения массы крысят (г).

День исследования	1 группа	2 группа	3 группа	4 группа (контрольная)
До исследования (0 день)	134±7	131,2±4,2	129,5±4,1	129±2,5
3	142,1±7,6	140,4±4,3	137,8±4,7	138,5±3,3
7	152,6±7,1*	152,5±4,2**	151,1±5,1*	146,4±3,3
10	178,4±8,3**	167,3±4,9**	163,8±5,3**	154±3,8
14	211,9±10,1**	187,6±6,1**	182,3±7,1**	167,3±6,7
21	242,5±9,4**	217,1±7,2**	214±9,2**	187,1±8
28	264,6±14,5**	244,3±4,5**	235,8±8,6**	205±4,5

*Примечание. Достоверность различий по сравнению с контролем * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$).*

Прирост массы тела крысят каждой из 4-х групп происходил синхронно, примерно в одинаковой степени. Наибольший прирост массы имели крысята 1-й группы.

Несколько меньшим он был во 2-й группе и еще более низким в третьей. Крысята четвертой группы имели наименьший прирост.

Полученные результаты можно объяснить разным содержанием микроэлементов в скармливаемом им мясе (табл. 11).

Гематологическое исследование крови крысят было проведено в конце эксперимента. Кровь бралась при убое животных (на 28 день). Результаты гематологических показателей крысят представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Гематологические показатели крови крысят.

№ группы	RBC, *10 ¹² /л	WBC, *10 ⁹ /л	HGB, g/dL	HCT, %	MONO, *10 ⁹ /л	LYM, *10 ⁹ /л	GRAN, *10 ⁹ /л
Норма	6,17-9,6	5,2-19,0	132-176	39,3-52,2	0,1-1,0	4,4-16,9	2,1-7
1.	8,292± 0,5**	9,61± 2,5	133,6± 8,4**	42,75± 3,7**	0,43± 0,1*	6,71± 1,7	2,51± 0,7*
2.	7,91± 0,5 **	8,35± 0,4	120,5± 5,5**	43,4± 3,6 **	0,4± 0,1	5,27± 0,3*	2,33± 0,5*
3.	7,9± 0,7**	8,52± 0,6	124,4± 7,2**	42± 1,2**	0,3± 0,1	5,64± 0,3*	2,15± 0,4
4. контр.	6,032± 0,5	8,55± 3,5	110,5± 5,7	32,62± 3	0,31± 0,1	6,55± 2,8	1,75± 0,7

*Примечание. *Достоверность различий по сравнению с контролем ($p < 0,05$);*

*** достоверность различий по сравнению с контролем ($p < 0,01$).*

Таким образом, у крысят первой, второй и третьей групп содержание эритроцитов находилось в пределах нормы, а у крысят четвертой группы оказалось сниженным. Содержание гемоглобина было несколько ниже нормы у крысят второй, третьей и четвертой групп, а у животных первой группы было нормальным.

Таким образом, только у крысят первой группы содержание гемоглобина и эритроцитов соответствовало норме. Это может быть связано с тем, что в их организм поступило достаточное количество микроэлементов, необходимых для синтеза гемоглобина и эритропоэза.

У животных первой, второй и третьей групп гематокрит был достоверно выше, чем у животных четвертой (контрольной) группы.

Масса внутренних органов крыс представлена в таблице 14.

Таблица 14 –Масса внутренних органов крысят (г).

Внутренние органы	Группы			
	1-я группа	2-я группа	3-я группа	4-я группа (контрольная)
Сердце	1,1±0,07**	1,06±0,06*	1,1±0,07**	0,9±0,08
Печень	9,34±0,3**	8,6±0,3**	8,9±0,4**	7,1±0,2
Почки	2,2±0,2*	2,06±0,09	2,1±0,1	1,9±0,2
Селезенка	0,8±0,2**	0,8±0,1**	0,6±0,1	0,6±0,09
Легкие	1,4±0,1*	1,3±0,1**	1,2±0,1	1,09±0,2

*Примечание. Достоверность различий по сравнению с контролем * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$).*

Крысята первой, второй и третьей групп имели достоверно более высокую массу сердца и печени по сравнению с крысятами четвертой (контрольной) группы.

У животных первой и второй групп также была достоверно выше масса легких и селезенки (табл. 14). Кроме того, у крысят первой группы масса почек была достоверно выше по сравнению с четвертой группой.

Это, вероятно, связано с тем, что у животных первых трех групп оказался более высокий прирост массы тела. Пропорционально ему происходило и увеличение массы внутренних органов. На данные процессы могло оказать влияние содержание микроэлементов в скармливаемом животным мясе.

Таким образом, мясо козлят, получавших растворы хелатных комплексных соединений микроэлементов, имело более высокую биологическую ценность.

3.6.8 Ветеринарно- санитарная экспертиза туш и внутренних органов козлят

Послеубойный ветеринарно-санитарный осмотр туш и субпродуктов осуществляли в соответствии с «Правилами ветеринарного осмотра убойных животных и ветеринарно-санитарной экспертизы мяса и мясных продуктов».

Ветеринарно-санитарная экспертиза туш и органов козлят проведена в полном объеме. Таким образом, туши и внутренние органы козлят можно использовать на пищевые цели без ограничения.

3.6.8.1 Оценка органолептических показателей мяса козлят

Через сутки после убоя и выдерживания туш при температуре +20°C (после созревания) были отобраны пробы мяса в соответствии с ГОСТ 7269-2015 «Мясо. Методы отбора образцов и органолептические методы определения свежести».

Пробы мяса были взяты у места зареза (напротив 4-5 шейных позвонков), в области лопатки и в области бедра.

Органолептическое исследование проб мяса козлят включало в себя определение степени обескровливания туш, цвета и внешнего вида мяса, запаха, консистенции, состояния подкожного и внутреннего жира, сухожилий и качества бульона при варке.

Результаты органолептического исследования проб мяса козлят представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Результаты органолептического исследования мяса козлят.

Показатели	Группы козлят			
	1-я группа	2-я группа	3-я группа	4-я группа (контрольная)
Цвет	Мясо светло-красного цвета			
Внешний вид и цвет поверхности	Корочка подсыхания сухая, бледно-розового цвета			
Степень обескровливания туш	Хорошая			
Мышцы на разрезе	Слегка влажные, не оставляют влажного пятна на фильтровальной бумаге.			
Запах	Специфический, свойственный свежему мясу козлятины			
Консистенция	Плотная, упругая			
Состояние подкожного и внутреннего жира	Жир белого цвета, имеет специфический запах, свойственный жиру данного вида животных. Консистенция плотная			
Состояние сухожилий	Упругие, плотные, поверхность сустава гладкая, блестящая.			
Бульон при варке	Прозрачный, ароматный. Незначительное скопление больших капель жира. Запах специфический, свойственный для бульона из мяса данного вида животных.			

Таким образом, по комплексу органолептических показателей, пробы мяса всех четырёх групп исследуемых животных были характерны для свежих продуктов убоя.

3.6.8.2 Физико-химическое исследование качества мяса козлят

В соответствии с «Правилами ветеринарно-санитарного осмотра убойных животных и ветеринарно-санитарной экспертизы мяса и мясных продуктов» было проведено физико-химическое исследование мяса, включающее определение количества летучих жирных кислот, продуктов первичного распада белков, рН и активности мышечного фермента пероксидазы. Результаты физико-химического исследования мяса козлят представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Результаты физико-химического исследования мяса козлят.

Показатели	1-я группа	2-я группа	3-я группа	4-я группа
Реакция на пероксидазу	Положительная			
Реакция с сернокислой медью	Отрицательная			
рН мышечной ткани	5,75±0,04*	5,77±0,05	5,72±0,05	5,81±0,01
Степень свежести мяса по содержанию летучих жирных кислот	2,13±0,4**	2,7±0,4*	3,01±0,5	3,2±0,3

*Примечание. Достоверность различий по сравнению с контролем * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$).*

Таким образом, мясо животных всех исследуемых групп являлось доброкачественным.

3.6.8.3 Микроскопическое исследование мяса козлят

Было выполнено микроскопическое исследование мяса убойных животных.

Анализ микроскопии мазков-отпечатков мяса произведен в соответствии с ГОСТ 23392-2016 «Мясо. Методы химического и микроскопического анализа свежести».

Результаты представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Микроскопия мазков-отпечатков мяса козлят.

Показатель	группы козлят			
	1-я группа	2-я группа	3-я группа	4-я группа (контрольная)
Содержание микробов (экземпляров)	1,8±1,3	2,2±1,3	2±1,6	2,6±1,5

В мазках-отпечатках мяса животных всех четырех групп в поле зрения микроскопа видны единичные экземпляры кокков. Следов распада тканей не обнаружено.

Таким образом, по результатам микроскопического исследования, мясо козлят всех изучаемых групп является доброкачественным.

3.6.8.4 Микробиологическое исследование мяса козлят

Результаты микробиологического исследования мяса козлят представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Микробиологические показатели качества мяса.

Показатели	1-я группа	2-я группа	3-я группа	4-я группа (контрольная)
БГКП (колиформные бактерии) в 0,1 г.	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
Бактерии рода salmonella в 25 г.	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
КМАФАнМ, КОЕ/г	1,2·10 ¹	1,1·10 ¹	1,1·10 ²	1·10 ³
Listeria monocytogenes в 25 г.	не выделены	не выделены	не выделены	не выделены
Микробиологические показатели мяса	Соответствуют требованиям ТР-ТС 034/2013; ТР-ТС 021/2011			

Показатели микробной обсемененности мяса козлят, как в опытных группах, так и в контрольной, отвечали требованиям ГОСТ 21237-75 «Мясо. Методы

бактериологического анализа, предъявляемым к доброкачественному свежему мясу».

3.6.9 Обсуждение результатов исследований на козлятах

По результатам лабораторных исследований, проведенных до начала эксперимента, у животных было выявлено низкое содержание в сыворотке крови кобальта, цинка, меди, железа.

Даже однократное введение соединений меди, цинка, железа, марганца, кобальта по предложенной схеме (сводящей к минимуму проявления антагонизма) позволило получить положительный результат.

Он заключался в повышении содержания микроэлементов в крови животных (п. 3.6.4). Также отмечено повышение содержания эритроцитов и гемоглобина по сравнению с контролем (п. 3.6.5). Более существенным данные изменения были у животных, получавших растворы комплексных соединений металлов-микроэлементов по предложенной схеме. При введении животным растворов неорганических солей изменения были менее выраженными. Но при этом лучший результат достигался при использовании отдельного введения по предложенной схеме. Введение в рацион козлят хелатных соединений Cu, Zn, Mn, Co, Fe не оказало отрицательного влияния на органолептические, физико-химические, микробиологические показатели мяса.

Можно ожидать, что введение растворов соединений микроэлементов несколькими курсами по предложенной схеме окажется эффективным для профилактики и лечения микроэлементозов. При этом более высоких результатов можно ожидать при использовании хелатных комплексных соединений. Данное предположение было в дальнейшем проверено (и подтверждено) в исследованиях на телятах.

3.7 Исследования на телятах

3.7.1 Условия содержания телят и зоогигиенические параметры микроклимата

Исследования на телятах были проведены в хозяйстве АО «Путь Ильича» Завьяловского района Удмуртской Республики.

Хозяйство является племенным по разведению холмогорской породы крупного рогатого скота. Данное хозяйство заготавливает самостоятельно корма.

Содержание телят групповое по 10 животных в групповых секциях. Полы бетонные сплошные, в качестве подстилки используются опилки. Уборку подстилки производят ежедневно. Стены кирпичные, побелены.

Кормление телят осуществлялось цельным коровьим молоком, молотой зерносмесью, злаковым сеном и яровой соломой 3 раза в день. Поение животных производилось чистой водой из групповых поилок, температура воды 14°C. Основные параметры микроклимата представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Параметры микроклимата в помещении для телят.

Показатели	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	Содержание в воздухе: аммиака, мг/м ³	Концентрация в воздухе: микроорганизмов, т.м.т.
Норма	16-18	50-85	0,1-0,2	1-10	Не более 50
2020 г.	17,1±0,5	70,3±0,3	0,2±0,02	8,4±0,3	20±0,7

Средняя температура в помещении 17,1 °С, относительная влажность воздуха составляла 70,3 %, средняя скорость движения воздуха 0,2 м/с., содержание в воздухе аммиака 8,4 мг/м³, концентрация в воздухе микроорганизмов 20 т.м.т.

Таким образом, условия содержания и параметры микроклимата соответствуют зоогигиеническим требованиям для данного вида животных.

3.7.2 Результаты определения содержания микроэлементов в корме телят

Телята получали следующие корма: сено злаковое, молотую зерносмесь, солому яровую, сборное молоко от здоровых коров.

При исследовании их проб были получены следующие результаты (табл. 20).

Таблица 20 – Содержание микроэлементов в исследованных образцах корма.

Показатели	Образец корма		
	Сено злаковое	Зерносмесь молотая	Солома яровая
Содержание меди (мг/кг)	Менее 5	Менее 5	Менее 5
Содержание цинка (мг/кг)	18±2	25±3	11±1
Содержание железа (мг/кг)	190±44	100±23	35±8
Содержание марганца (мг/кг)	32±9	12±3	28±8

По органолептическим показателям качество различных видов корма можно оценить, как среднее.

С момента рождения и до двухмесячного возраста телята также получали молочное питание. (Таким образом, молоко давалось им и во время эксперимента). При этом использовалось сборное молоко (смешанное молоко от нескольких здоровых коров).

Было проведено исследование двух проб сборного молока, взятых в начале эксперимента (проба №1) и незадолго до его завершения (проба №2). Результаты представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Содержание микроэлементов в молоке, даваемом телятам.

Показатели	Проба сборного молока	
	№1	№2
Содержание меди (мг/кг)	0,031	Менее 0,01
Содержание цинка (мг/кг)	4,38	0,513
Содержание железа (мг/кг)	1,37	2,841
Содержание марганца (мг/кг)	0,056	0,149
Содержание кобальта (мг/кг)	0,019	0,009

Таким образом, содержание микроэлементов в сборном молоке оказалось невысоким (особенно меди, цинка и кобальта во 2-й пробе).

Также было выявлено низкое содержание железа (менее 0,010 мг/л) и меди (менее 0,005 мг/л) в воде, использованной для поения телят.

Полученные результаты подтверждают, что дефицит микроэлементов в организме телят был обусловлен недостаточным их поступлением с растительными кормами, молоком и водой.

3.7.3 Схема проведения исследования на телятах

Исследования были проведены на 30 одномесячных телятах, разделенных на 3 группы по 10 животных в каждой. Телята испытывали дефицит микроэлементов, имевший выраженные проявления и подтвержденный результатами лабораторных исследований.

Первая группа телят получала хелатные комплексные соединения кобальта, цинка, железа, меди, марганца в виде водных растворов в течение одного месяца. При этом соединения разных микроэлементов давались по отдельности с интервалом в одни сутки. Введение растворов комплексных соединений 5 микроэлементов занимало 5 дней.

Таким образом на протяжении 30 дней было выполнено 6 таких циклов введения.

Предполагалось, что подобная схема должна свести к минимуму проявления антагонизма микроэлементов. Растворы давались телятам перорально по 15 мл.

Вторая группа животных получала растворы CoSO_4 , ZnSO_4 , MnSO_4 , CuSO_4 , FeCl_3 по точно такой же схеме и таким же способом.

Третья (контрольная) группа животных каждый день получала дистиллированную воду в том же объеме.

Общая схема эксперимента представлена в таблице 22.

Таблица 22 – Схема исследования, выполненная на телятах.

№ группы	Соединение	Дозировка микроэлементов (мг на 1 голову)	Дни введения
1	Хелатные комплексные соединения Co с разными лигандами	3,5	1, 6, 11, 16, 21, 26
	Хелатные комплексные соединения Zn с разными лигандами	265	2, 7, 12, 17, 22, 27
	Хелатные комплексные соединения Mn с разными лигандами	235	3, 8, 13, 18, 23, 28

	Хелатные комплексные соединения Cu с разными лигандами	40	4, 9, 14, 19, 24, 29
	Хелатные комплексные соединения Fe с разными лигандами	300	5, 10, 15, 20, 25, 30
2	CoSO ₄	3,5	1, 6, 11, 16, 21, 26
	ZnSO ₄	265	2, 7, 12, 17, 22, 27
	MnSO ₄	235	3, 8, 13, 18, 23, 28
	CuSO ₄	40	4, 9, 14, 19, 24, 29
	FeCl ₃	300	5, 10, 15, 20, 25, 30
3	H ₂ O	-	ежедневно

До начала исследования (0-й день), а также на 6-й, 16-й, 21-й и 31-й дни эксперимента у животных проводилось взятие крови из яремной вены для выполнения биохимических и гематологических исследований. В те же дни осуществлялся осмотр животных и выполнялось их взвешивание.

Необходимо отметить, что животные первой и второй опытных групп получили одинаковые дозировки каждого из микроэлементов. Это давало возможность сравнить эффективность применения неорганических солей и хелатных комплексных соединений.

Дозировка по микроэлементам для каждого введения была следующей: железо 300 мг, медь 40 мг, цинк 265 мг, марганец 235 мг, кобальт 3,5 мг. Она в 5 раз превышала рекомендуемую ежедневную дозировку (Калашников А.П. и др., 2003). Но соединения каждого микроэлемента вводились не ежедневно, а с периодичностью 1 раз в 5 дней. Поэтому общая доза каждого микроэлемента оказалась такой же, какую животные получили бы за тот же период при следовании рекомендациям (Калашников А.П. и др., 2003).

3.7.4 Результаты биохимических исследований крови телят

Были выполнены биохимические исследования крови телят. Их результаты приводятся в таблице 23.

Таблица 23 – Результаты биохимических исследований крови у телят.

Дни взятия крови		№ группы	Цинк, мкг%	Медь, мкг%	Железо, мкмоль/л	Марганец, мг/кг	Кобальт, мкг%	Общий белок, г/л	Мочевина, моль/л	АСТ, ед/л	АЛТ, ед/л	Креатинин, мкмоль/л
Норма			100-150	80-120	17,9-35,8	0,15-0,25	3,0-5,0	72-86	3,3-6,7	45-110	9-35	56-162
0	1	94,3±14,7	85,3±17,3	18,96±3,58	0,044±0,004	3,6±0,3	60,1±4,6	5,3±0,4	53,1±6,1	11,6±4,1	80,5±17,7	
	2	94,0±9,0	83,7±19,8	19,91±5,10	0,041±0,005	3,4±0,3	61,1±4,1	6,5±1,0	64,5±8,3	16,7±4,3	103,4±21,8	
	3	107,5±17,6	75,1±14,3	17,8±4,05	0,043±0,006	3,3±0,1	61,1±4,3	5,5±1,3	58,5±9,03	16,2±6,6	93,4±13,8	
6	1	93,8±16,9	83,9±20,8	18,18±3,07	0,052±0,014	3,6±0,3	63,2±5,1	3,7±0,8	59,8±13,0	13,9±4,3	80,6±14,6	
	2	97,8±9,9	77,1±15,5	17,82±3,46	0,045±0,010	3,6±0,3	63,7±3,9	3,8±0,8	62,6±8,1	16,6±5,1	82,1±23,6	
	3	100,9±15,0	77,2±10,1	18,10±4,31	0,042±0,007	3,8±0,5	62,7±5,4	4,2±1,0	63,9±8,8	13,4±4,0	77,6±16,9	
16	1	111,6±8,8**	100,2±17,6**	28,0±7,4**	0,067±0,018*	4,9±0,2**	71,3±12,6*	3,75±0,34	75,3±30,4	21,7±6,2	76,3±4,1	
	2	89,1±10,4*	90,8±16,04*	22,0±2,1*	0,057±0,007	4,6±0,4*	60,8±5,4*	3,79±0,37	87,0±46,0	26,4±17,9	78±5,6	
	3	79,2±16,6	78,9±3,6	18,3±4,0	0,051±0,012	3,7±1,0	53,6±7,5	4,02±0,48	79,7±24,8	22,1±12,3	77,7±3,7	
21	1	106,7±5,7**	92,2±5,5**	28,45±0,93**	0,0708±0,01**	4,98±0,52**	73,8±3,5**	3,8±0,4	69,7±8,03	25,2±3,12	80,2±7,03	
	2	97,1±6,2**	90,4±5,2**	26,48±2,3**	0,0632±0,007**	4,64±0,43**	67,4±6,12*	4,08±0,53	67,8±4,41	28,7±2,9**	71,9±2,6*	
	3	88,5±4,92	75,7±5,26	19,18±0,85	0,0507±0,006	3,53±0,39	61,7±3,4	3,82±0,47	69,5±4,63	23,2±2,12	75,9±5,2	
31	1	123,5±9,9**	98,8±19,7*	26,6±9,4*	0,085±0,033**	5,08±0,2*	71,4±14,8*	3,7±0,9	66,1±17,6	34,6±34,6	79,3±32,1	
	2	117,8±10,3**	95,3±8,7*	26,2±5,5*	0,062±0,022*	4,93±0,4*	61,7±5,6**	4,1±1,0	72,1±19,2	31,7±30,1	88,1±24,7	
	3	100,3±16,2	81,4±19,7	19,1±5,2	0,038±0,010	3,67±1,5	50,9±5,6	4,6±0,8	75,5±15,0	25,3±20,5	80,8±22,9	

Достоверность различий по сравнению с контролем * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$).

До начала эксперимента (в 0 день) у животных всех трех групп содержание цинка и марганца в крови было ниже нормы, а содержание меди, железа и кобальта приближалось к нижней ее границе. Содержание мочевины и креатинина, а также активность АСТ и АЛТ соответствовали норме. Общий белок был снижен.

В ходе проведения исследования было отмечено повышение содержания микроэлементов в крови у телят первой и второй групп по сравнению с контролем (телятами третьей группы). Данные изменения были достоверными в пробах, взятых на 16-й, 21-й и 31-й день (табл. 23).

При этом у телят первой группы данные изменения были более выраженными по сравнению с телятами второй группы.

Необходимо отметить, что содержание марганца в крови животных первой и второй групп достоверно увеличилось по сравнению с контролем, но так и не достигло нормальных значений к концу эксперимента.

Достоверность указанных выше изменений показателей относительно контроля указана в таблице 23. Динамика изменений биохимических показателей представлена на рисунках (рис.19-23).

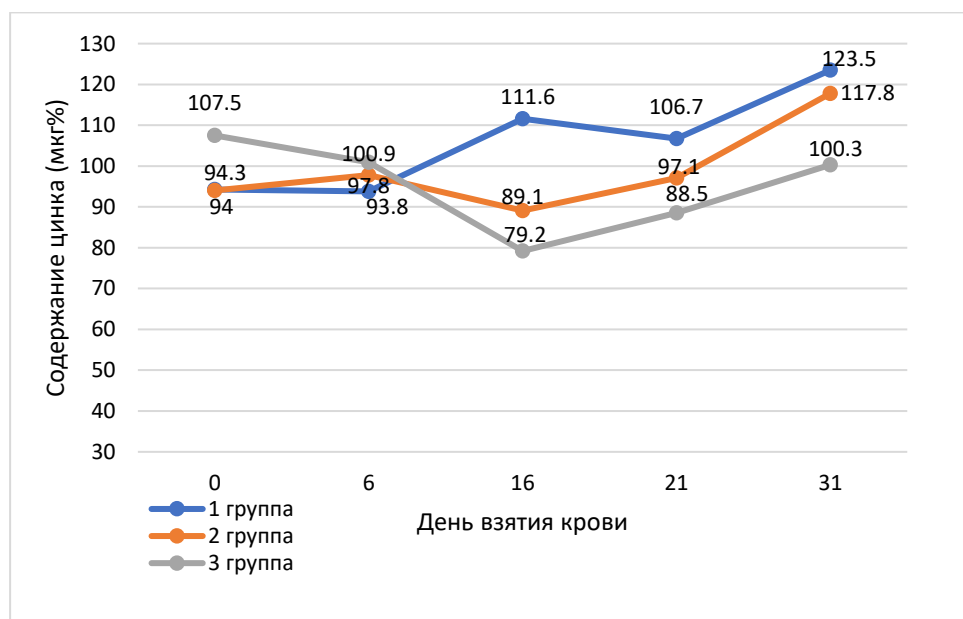


Рис. 19. Изменение содержания цинка в крови телят в ходе исследования

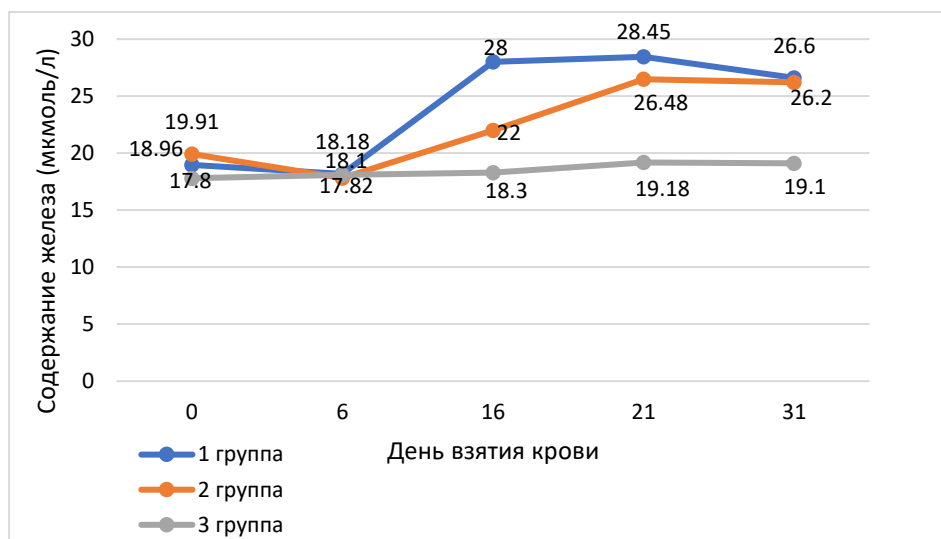


Рис. 20. Изменение содержания железа в крови телят в ходе исследования

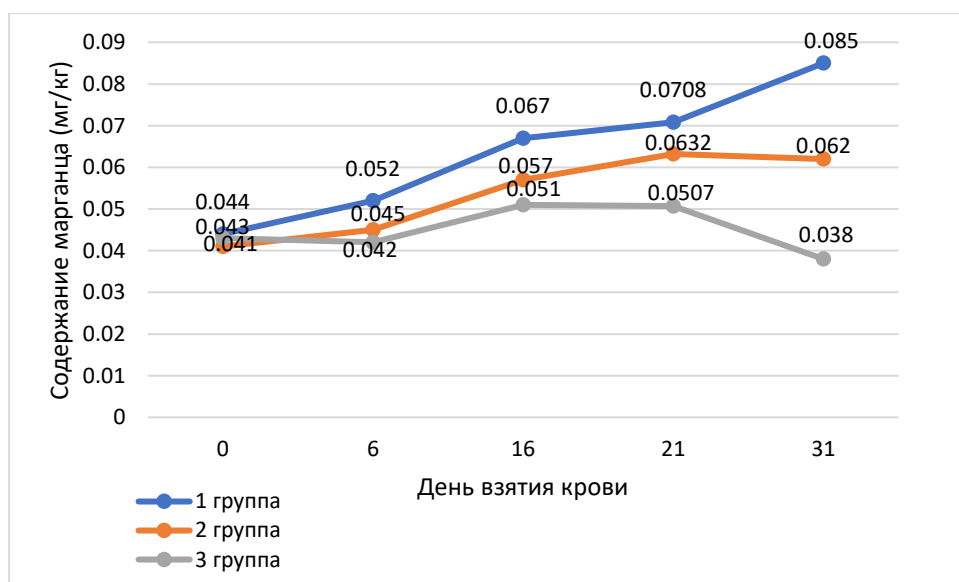


Рис. 21. Изменение содержания марганца в крови телят в ходе исследования

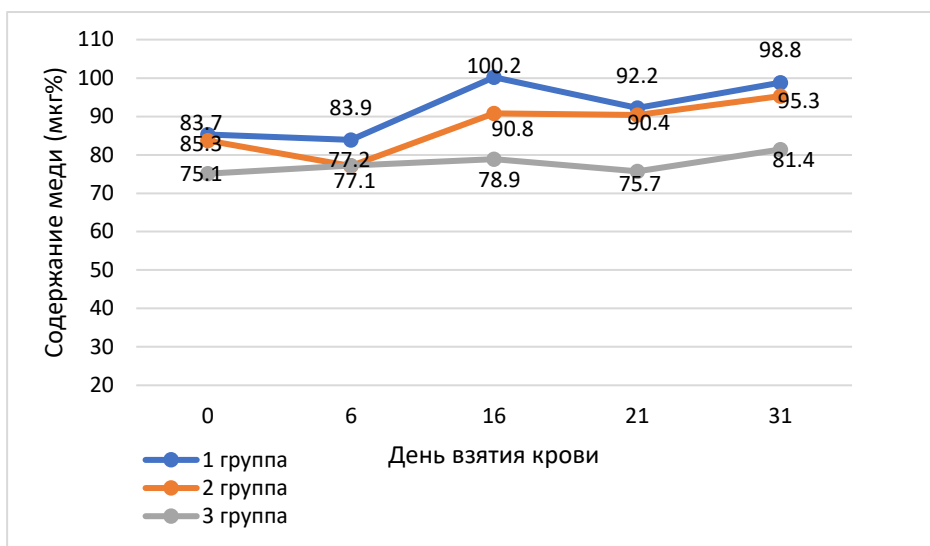


Рис. 22. Изменение содержания меди в крови телят в ходе исследования.

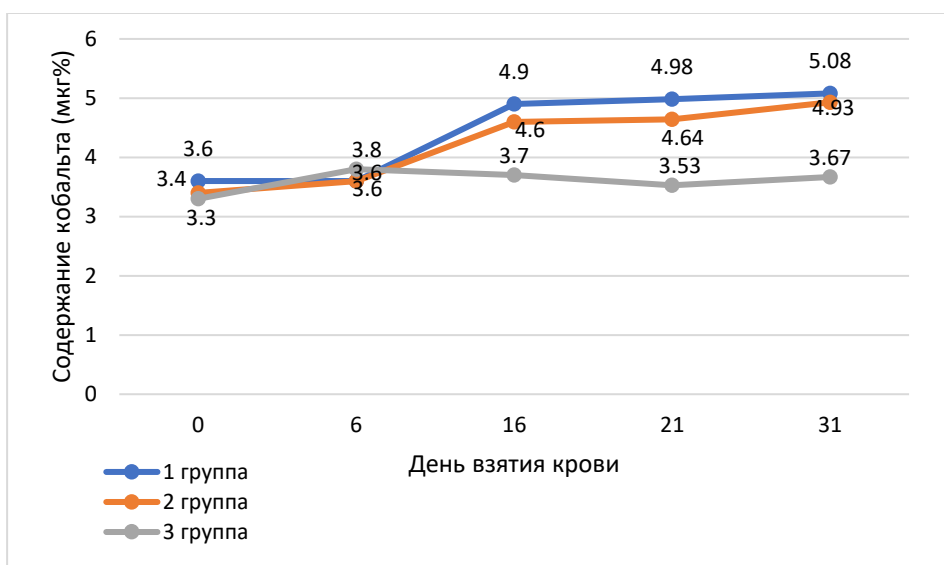


Рис. 23. Изменение содержания кобальта в крови телят в ходе исследования.

В ходе исследования активность АСТ и АЛТ у телят всех трех групп находилась в пределах нормы. Но у животных второй группы (получавших неорганические соли железа, меди, цинка, кобальта и марганца) активность АЛТ (в пробах, взятых на 6-й, 16-й и 21-й дни эксперимента) оказалась несколько выше, чем у животных первой и второй группы. Эти изменения были статистически недостоверными ($p > 0,05$). Однако нельзя исключать, что введение неорганических

солей металлов-микроэлементов могло оказать незначительное цитолитическое воздействие (на гепатоциты).

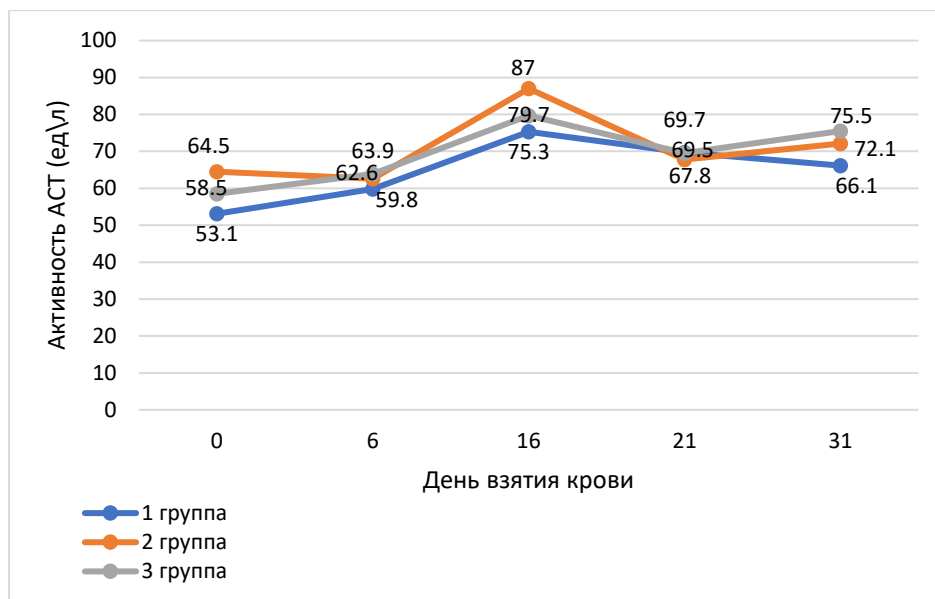


Рис. 24. Изменение активности АСТ в крови телят в ходе исследования.

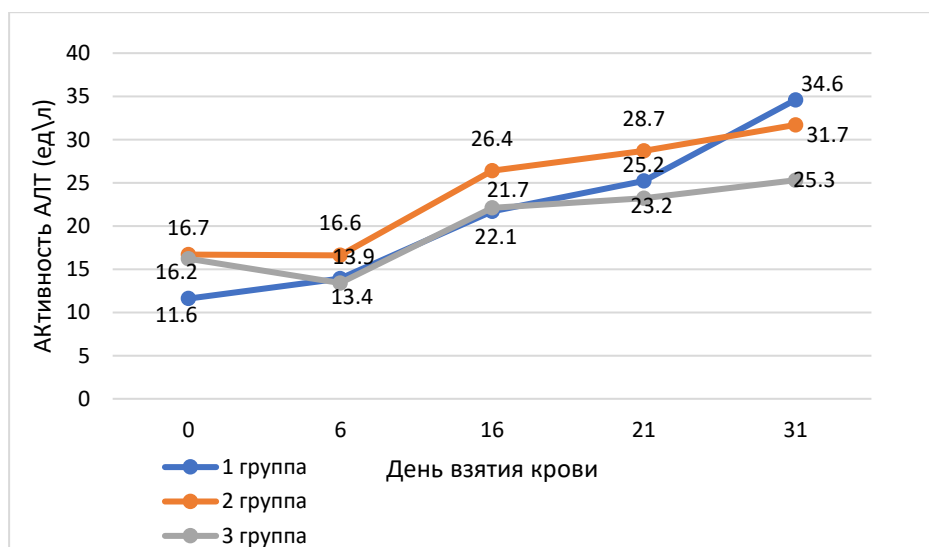


Рис. 25. Изменение активности АЛТ в крови телят в ходе исследования.

Было отмечено достоверное повышение содержания общего белка у животных первой и второй групп по сравнению с контролем (третьей группой) (табл. 23) в пробах крови, взятых на 16, 21 и 31 дни. Причем у телят первой группы оно было более высоким, чем у животных 2-й группы (рис. 26).

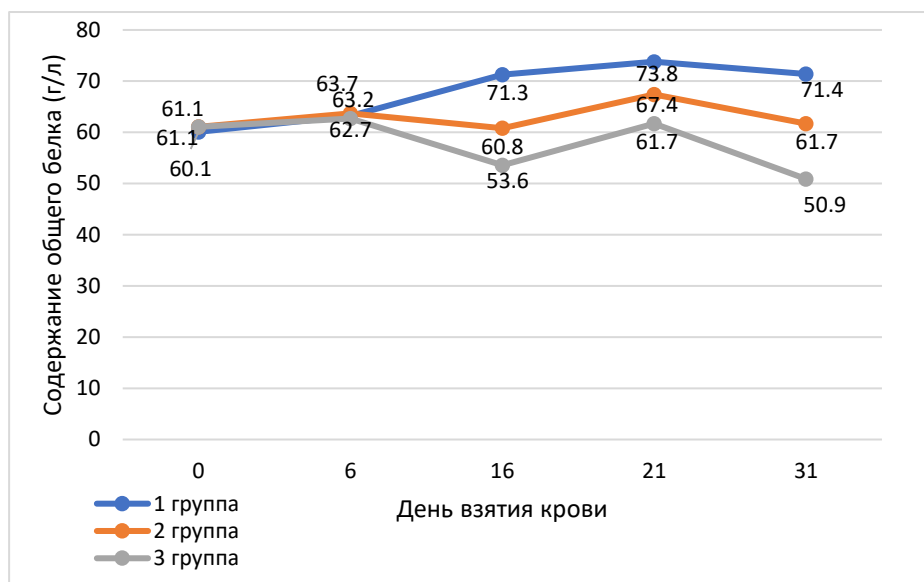


Рис. 26. Изменение содержания общего белка в крови телят в ходе исследования.

Содержание креатинина и мочевины у животных всех трех групп в течение всего времени исследования за пределы нормы не выходило. Достоверных различий данных показателей не выявлено (рис. 27 и 28).

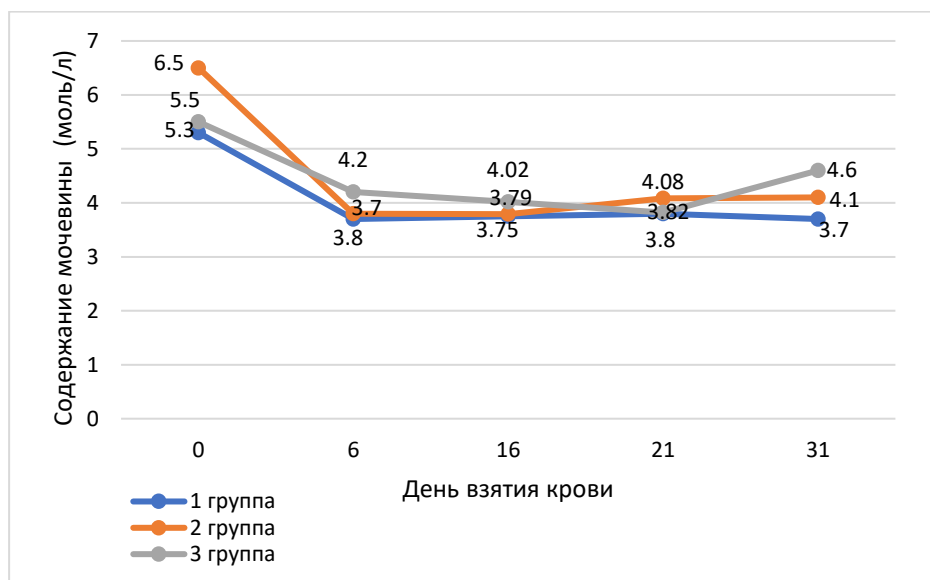


Рис. 27. Изменение содержания мочевины в крови телят в ходе исследования.

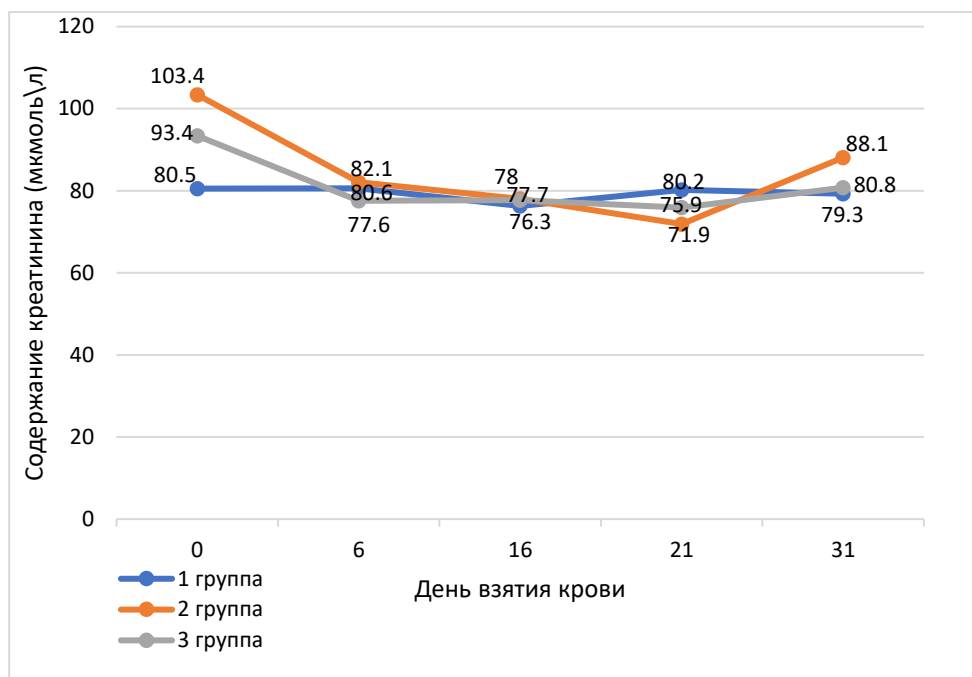


Рис. 28. Изменение содержания креатинина в крови телят в ходе исследования.

Таким образом, у животных первой и второй групп отмечено повышение содержания вводимых микроэлементов в крови по сравнению с контролем. Кроме того, у них повысилось содержание общего белка. При этом у животных первой группы данные изменения были более выраженными чем у животных, второй группы.

Таким образом, использование хелатных комплексных соединений металлов-микроэлементов показало несколько большую эффективность по сравнению с применением неорганических солей.

3.7.5 Результаты гематологических исследований у телят

При проведении гематологических исследований были получены следующие результаты (табл. 24).

Таблица 24 – Результаты гематологических исследований телят.

	№	RBC, *10 ¹² /L	WBC, *10 ⁹ /L	HGB, g/L	HCT, %	MONO, *10 ⁹ /L	LYM, *10 ⁹ /L	GRAN, *10 ⁹ /L
Норма		5-7,5	4,5-12	90-120	22,5-39,9	0,02-2,12	1,2-10,62	2-10,3
До начала исследования (0 день)	1	6,554±1,03	10,82± 3,2	75±12	23,98±4,2	1,32±0,6	8,82±4	8,27±3,2
	2	6,917±0,5	11,67±8,5	80,5±5,9	24,64±2	1,17±0,5	10,8±6,7	8,52±29
	3	7,03±0,5	8,25±2,8	80,5±8,7	24,57±3,1	1,01±0,3	10,32±4,8	10,62±5,5
6 день	1	7,156±0,3	11,83±2,8	80,8±2,7	21,91±1	1,12±0,6	10,67±0,8**	7,119±0,5
	2	7,332±0,5	12,12±2,6	82,7±4,7*	24,07±1,5**	1,11±0,3	12,43±1	7,21±0,1
	3	7,462±0,3	10,61±1	80,2±3,1	22,34±0,5	1,21±0,3	13,79±1,5	6,89±0,6
16 день	1	7,768±0,8	10,84±2,9	90,2±9,4*	25,93±2,4*	0,98±0,4	9,23±3,8	6,25±2
	2	7,499±0,6	9,62±2,4	86,4±7,1*	25,16±1,4*	1,12±0,4	8,71±4,5	5,95±2,2
	3	7,322±1,6	11,44±3,5	78,3±6	23,18±2,4	0,84±0,2	8,66±4,2	6,86±2,1
21 день	1	7,689±0,8	10,49±0,5*	89,2±6,3**	23,11±1,2	1,324±0,5	11,71±1,6	7,013±0,3**
	2	7,524±0,6	13,91±2,6	86,81±24,3*	23,25±2,1	0,964±0,3	13,33±2,9	7,13±0,4
	3	7,371±0,2	14,11±1	75,11±5	22,53±1,4	1,02±0,4	12,91±1,9	6,41±0,4
31 день	1	7,89±0,9	8,97±3,7	93,4±11,5*	22,73±6,5	1,75±1,5	9,94±5,6	8,36±3,5
	2	7,633±0,5	10,99±4	89,3±6,9*	24,19±1,9	1,09±0,4	10,42±3,5	9,02±2,7
	3	7,457±1,4	10,83±3,1	82,1±8,5	23,12±3,6	1,13±1,1	9±4,3	8,67±3,8

*Примечание. Первая группа телят получала растворы хелатных комплексных соединений металлов- микроэлементов; вторая группа телят получала растворы неорганических солей металлов- микроэлементов; третья (контрольная) группа телят получала дистиллированную воду. Достоверность различий по сравнению с контролем * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$).*

До введения соединений микроэлементов содержание эритроцитов в крови телят всех групп соответствовало норме, но содержание гемоглобина было сниженным. Это можно объяснить угнетением синтеза гемоглобина на фоне недостатка микроэлементов, что подтверждается невысоким их содержанием в крови (п. 3.7.4).

В процессе эксперимента достоверного изменения содержания эритроцитов в крови у животных первой и второй групп по сравнению с контролем не выявлено. Но отмечено достоверное повышение содержания гемоглобина по сравнению с контролем (более выраженное у первой группы).

Результаты и показатели достоверности приведены в таблице 24. Полученные результаты также представлены на рисунках (рис. 29 и 30).

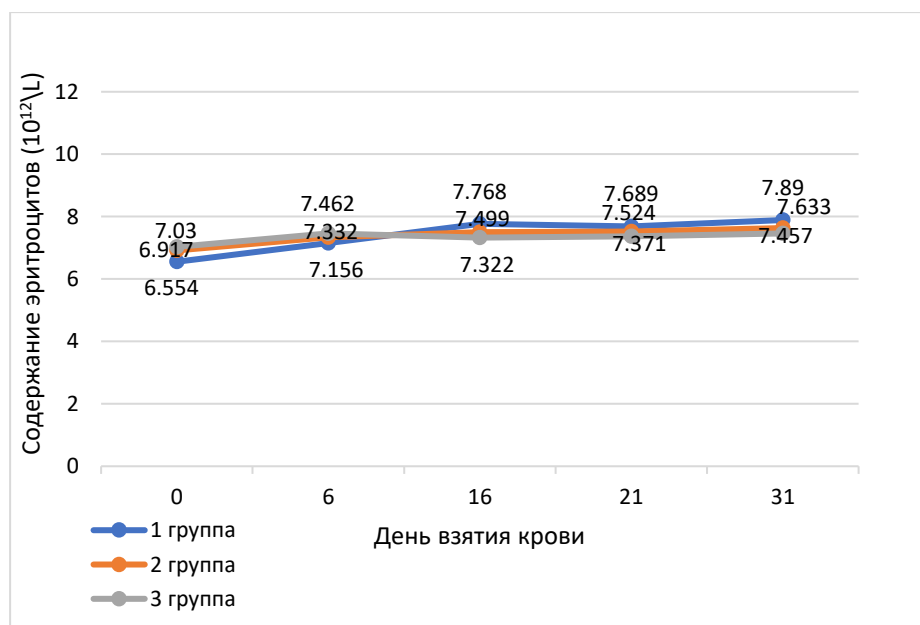


Рис. 29. Изменение содержания эритроцитов (RBC) в крови телят в ходе эксперимента.

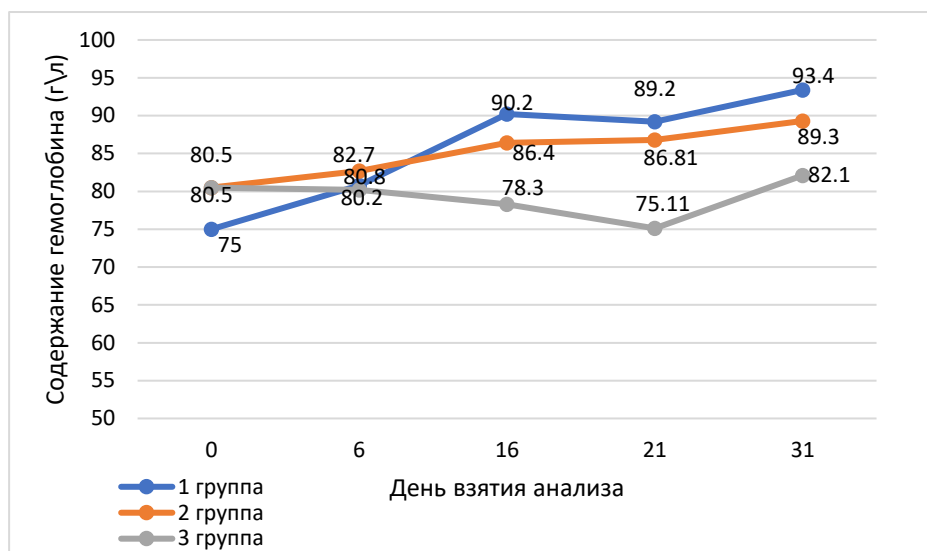


Рис. 30. Изменение содержания гемоглобина (HGB) в крови телят в ходе исследования.

На рисунках (рис. 31-34) представлено общее содержание лейкоцитов, а также содержание лимфоцитов, гранулоцитов и моноцитов.

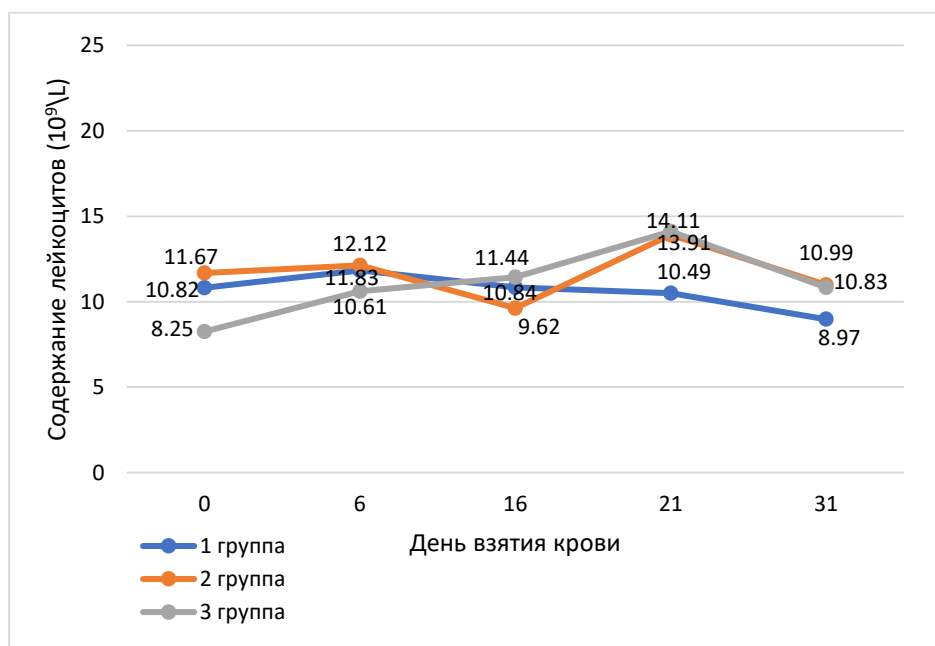


Рис. 31. Изменение содержания лейкоцитов (WBC) в крови телят в ходе исследования.

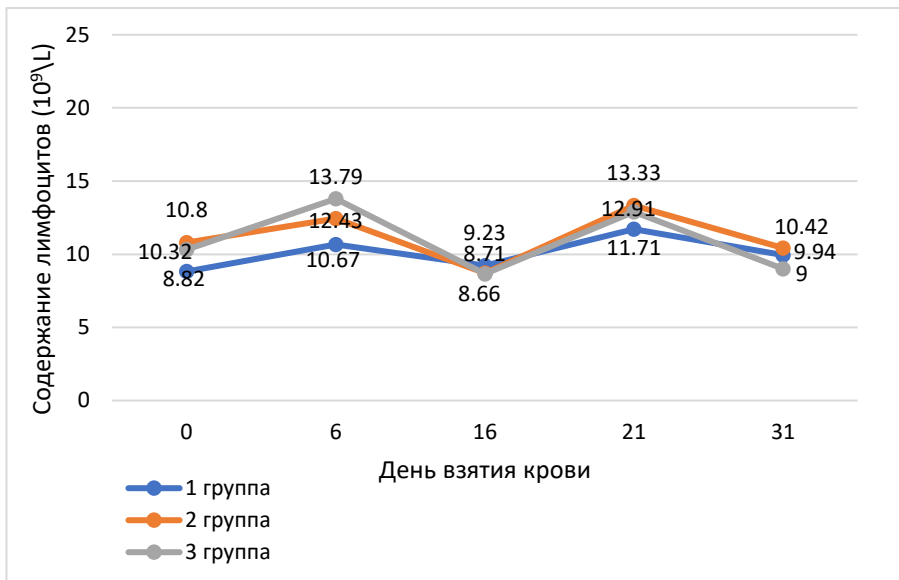


Рис. 32. Изменение содержания лимфоцитов (LYM) в крови телят в ходе исследования.

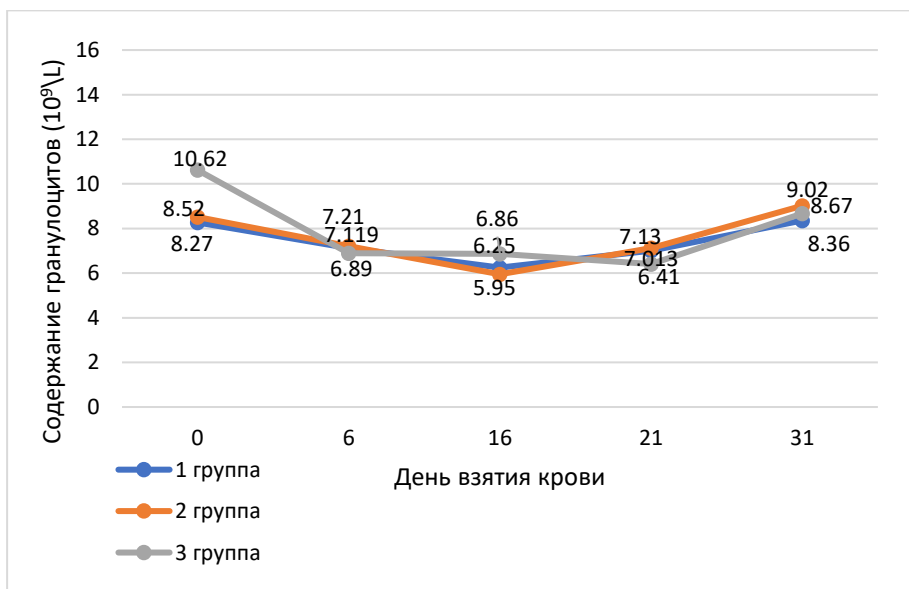


Рис. 33. Изменение содержания гранулоцитов (GRAN) в крови телят в ходе исследования.

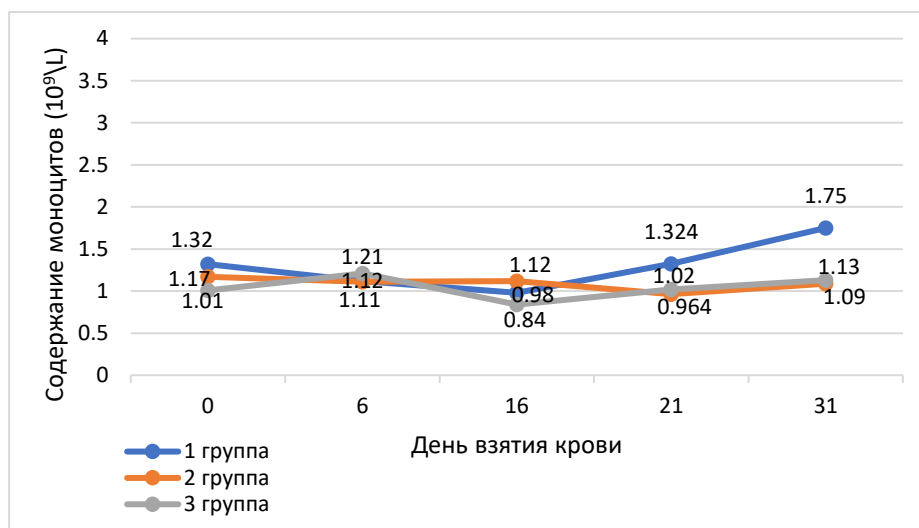


Рис. 34. Изменение содержания моноцитов (MONO) в крови телят в ходе исследования.

У телят всех трех групп до начала исследования отмечался умеренно выраженный лейкоцитоз. В последующие дни эксперимента, общее содержание лейкоцитов, а также содержание лимфоцитов, гранулоцитов и моноцитов, у животных первой и второй групп по сравнению с контролем не имело достоверных различий, позволяющих выявить какую-либо четкую закономерность. Поэтому нельзя утверждать о выявленном достоверном влиянии введения соединений указанных микроэлементов на данные показатели.

3.7.6 Оценка общего состояния и прироста массы телят

В ходе исследования (на 0, 6, 16, 21 и 31 день) проводились осмотр телят, оценка их поведения и общего состояния.

У всех животных до начала эксперимента отмечалась периодическая диарея, сниженная двигательная активность, извращение аппетита. Отмечались нарушение развития у некоторых животных (часть телят имели короткие конечности), отставание в росте и наборе веса. Волосяной покров был грубым и тусклым. Имелись зализы и большие участки аллопеции в области бедер. Данные проявления характерны для гипомикроэлементозов.

У телят первой и второй групп при осмотре на 6 день исследования отмечалась незначительная положительная динамика- некоторое уменьшение диареи и повышение аппетита.

При осмотре, проведенном на 16 день эксперимента, у телят первой и второй групп, изменения стали более существенными. Значительно уменьшилась диарея, телята перестали облизывать несъедобные предметы. Двигательная активность несколько увеличилась. Началось восстановление волосяного покрова в местах алопеций.

На 21 день диарея полностью прекратилась. У телят первой группы к этому моменту состояние полностью нормализовалось. Волосяной покров почти восстановился. Положительная динамика у животных первой группы была более выраженной по сравнению со второй группой.

На 31 день состояние животных второй группы также практически полностью нормализовалось.

У животных третьей группы положительных изменений не наблюдалось в течение всего периода.

Таким образом, у телят, получавших соединения микроэлементов, было отмечено улучшение общего состояния по сравнению с животными контрольной группы. При этом у животных первой группы положительная динамика была более выраженной.

Перед началом исследования (0 день), а также на 6, 16, 21 и 31 дни эксперимента выполнялось взвешивание телят. Полученные результаты представлены в таблице 25.

Таблица 25– Живая масса и среднесуточный прирост телят в период исследования.

Дни исследования	1-я группа	2-я группа	3-я группа контроль
До начала исследования	43,72±2,5	44,04±4,9	44,44±3
6 день	46,42±2,6	46,54±4,06	46,7±2,6
16 день	52,09±2,9	49,54±4,1	50,54±3
21 день	55,09±2,2	54,22±4,6	54,94±2,6
31 день	61,84±5,6**	60,49±8,6	57,80±4,4
Среднесуточный прирост, г.	571	518	420

*Примечание. Достоверность различий по сравнению с контролем * ($p < 0,05$);*

*** ($p < 0,01$).*

Таким образом, у телят первой группы в конце эксперимента живая масса была достоверно выше ($p < 0,01$) по сравнению с контролем.

У телят второй группы живая масса также была выше, чем в контрольной группе. Однако различия оказались недостоверными.

Среднесуточный прирост массы тела в первой группе был наиболее высоким.

Полученные результаты свидетельствуют о более высокой эффективности использования растворов хелатных комплексных соединений по сравнению с неорганическими солями микроэлементов.

Для нормального роста и развития животных необходимы микроэлементы. Как было отмечено выше, исходно у телят наблюдался их дефицит. Его более эффективно удалось восполнить при использовании хелатных комплексных соединений, имеющих более высокую биодоступность.

3.7.7 Химический состав и биологическая ценность мяса телят

3.7.7.1 Оценка мясной продуктивности телят

Оценивались весовые показатели, предубойная и убойная масса, убойный выход, а также проведены лабораторные исследования безопасности и качества мяса.

Количественные показатели мясной продуктивности телят представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Количественные показатели мясной продуктивности телят

Показатели	Группы животных		
	1-я группа	2-я группа	3-я группа (Контрольная)
Абсолютный прирост, кг	17,7±1,3	16,08±0,2	13,04±0,2
Предубойная масса, кг	61,44±1,4	60,12±0,9	57,48±1,5
Убойная масса, кг	30,9±1,1	29,9±1,2	27,9±0,5
Убойный выход, %	50,2	49,7	48,6
Категория туш	первая	первая	вторая

Таким образом, показатели упитанности туш соответствуют ГОСТ 34120-2017 «Крупный рогатый скот для убоя. Говядина и телятина в тушах, полутушах и четвертинах».

В первой группе отмечалось повышение выхода туши по сравнению с контролем на 3,2 %. Во второй группе повышение было несколько ниже и составило соответственно 2,3 % для туши.

3.7.7.2 Биохимический состав мяса телят

Было проведено биохимическое исследование мяса телят. Результаты данного исследования представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Результаты биохимического исследования мяса телят.

Показатели	1-я группа	2-я группа	3-я группа (Контрольная)
Содержание белка	22,34 ±1,79	22,2 ±1,70	20,1 ±1,6
Содержание жира	0,7 ±0,1	0,7 ±0,1	0,6 ±0,1
Содержание влаги	72,0 ±5,8	71,2 ±4,3	73,2 ±5,4

Таким образом, содержание белка в мясе у животных первой группы, было на 11,14% выше, чем у животных в контрольной группе, а у животных второй группы на 10,45 %. Содержание жира в мясе телят первой и второй групп было выше, чем у животных контрольной группы на 16,6 %.

Методом атомно-адсорбционной спектрометрии было определено содержание меди цинка, кобальта, марганца и железа в мясе телят (табл. 28).

Для анализа использовались средние пробы- образцы, содержащие взятое в равных количествах и равномерно перемешанное мясо всех исследуемых убойных животных каждой группы.

Таблица 28 – Содержание микроэлементов в мясе телят.

Элемент	1-я группа	2-я группа	3-я группа
Кобальт (мг/кг)	0,185	0,135	0,02
Железо (мг/кг)	17,63	16,60	15,85
Цинк (мг/кг)	27,10	26,20	23,40
Медь (мг/кг)	0,91	0,88	0,80
Марганец (мг/кг)	0,010	0,005	0,005

Таким образом, в мясе животных первой группы содержание кобальта и меди оказалось выше, чем у животных второй и, в особенности, третьей группы. Это может свидетельствовать о лучшей усвояемости микроэлементов при использовании в качестве кормовых добавок предложенных хелатных комплексных соединений. Содержание железа в мясе животных первой и второй групп было выше, чем в мясе телят третьей (контрольной группы).

Однако в связи с тем, что исследовались «средние пробы» мяса животных каждой группы, нельзя говорить о статистической достоверности различий полученных результатов.

3.7.7.3 Оценка биологической ценности мяса телят

В эксперименте по оценке биологической ценности мяса телят, были сформированы 3 группы крысят (самцов), возрастом 1 месяц по 10 животных в каждой группе.

Животным первой группы вволю скармливали мясо телят, которые ранее получали растворы хелатных комплексных соединений железа, меди, цинка, кобальта и марганца.

Животным второй группы вволю скармливали мясо телят, которые получали растворы неорганических солей данных микроэлементов.

Животным третьей группы вволю скармливали мясо контрольной группы телят.

В течении 28 дней ежедневно фиксировали количество съеденного корма крысятами и учитывали привес животных на 3,7,10,14,21 и 28 день.

Весовые показатели крысят представлены в таблице 29.

Таблица 29 – Весовые показатели крысят (г).

День исследования	1 группа	2 группа	3 группа контрольная
До исследования (0 день)	125,9±5,6	127,8±2,4	120,3±3,1
3	136,8±4,5**	137,2±2,7**	128,6±4,4
7	148,8±7,9**	150,8±4,1**	135,3±6,2

Продолжение таблицы 29.

10	168,5±5,6**	167,7±4,4**	144,9±8,7
14	192±8,4**	184±5,2**	158,8±6
21	205,1±10**	196,7±3,5**	166,3±6,5
28	231,7±12,5**	214,1±4,8**	173,9±5,6

Примечание. Достоверность различий по сравнению с контролем * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$).

Исходя из данных таблицы, следует, что привесы крысят всех трех групп происходили синхронно, примерно в одинаковой степени. При этом масса крысят 1-й группы увеличилась больше, чем у крысят 2-й группы. Прирост массы крысят 3-й группы оказался наименьшим. Достоверность различий весовых показателей крысят 1-й и 2-й групп по сравнению с 3-й (контрольной) группой указана в таблице 29.

Это можно объяснить разным содержанием микроэлементов в скармливаемом мясе телят (табл. 28). Более высоким оно было в мясе телят получавших растворы хелатных комплексных соединений микроэлементов и несколько меньшим в мясе телят, получавших растворы их неорганических солей. В мясе телят контрольной группы содержание микроэлементов было наименьшим.

Для проведения гематологического исследования кровь была взята при убое крысят (на 28 день). Результаты исследования представлены в таблице 30.

Таблица 30 – Гематологические показатели крысят.

Показатели	RBC, *10 ¹² /L	WBC, *10 ⁹ /L	HGB, g/dL	HCT, %	MONO, *10 ⁹ /L	LYM, *10 ⁹ /L	GRAN, *10 ⁹ /L
Норма	6,17-9,6	5,2-19,0	132-176	39,3-52,2	0,1-1,0	4,4-16,9	2,1-7
1-я группа	7,636±0,5 **	12,16±3,9 **	125±14,1*	39,12±3,3 **	0,4±0,3 *	8,37±2,3 **	3,27±1,3 **
2-я группа	7,5±0,3 **	10,25±0,8 **	123,1±4	38,43±1,3 **	0,4±0,1 **	8,15±0,8 **	2,85±0,5 **
3-я группа	6,52±0,4	8,51±0,6	120,2±3,4	34,16±1,1	0,24±0,1	6,74±0,5	1,99±0,4

Примечание. Достоверность различий по сравнению с контролем * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$).

Отмечалось достоверно более высокое (по сравнению с контролем) содержание эритроцитов и более высокий гематокрит у крысят первой и второй групп. Содержание гемоглобина было достоверно выше у крысят первой группы по сравнению с контролем (табл. 30).

Общее содержание лейкоцитов, содержание моноцитов, гранулоцитов и лимфоцитов у крысят всех трех групп также находилось в пределах физиологической нормы. Тем не менее, данные показатели были достоверно выше у животных 1-й и 2-й групп по сравнению с 3-й (контрольной) группой (табл. 30).

Это можно связать с тем, что микроэлементы, (поступавшие животным с поедаемым мясом), необходимы для нормального протекания всех звеньев гемопоэза. В связи с этим более высокие показатели имели животные, получившие с кормом большее количество микроэлементов.

Масса внутренних органов крыс 1-й группы была достоверно выше, чем у крыс 3-й группы. Органы животных 2-й группы также имели несколько большую массу по сравнению с органами животных 3-й группы. Однако различия в их массе (за исключением массы селезенки) оказались недостоверными (табл. 31).

Различия в массе органов можно объяснить различиями в приросте массы животных соответствующих групп (табл. 31).

Таблица 31 – Масса внутренних органов крысят (г).

Внутренние органы	Группы		
	1-я группа	2-группа	3-я группа
Сердце	1,13±0,1*	1,06±0,1	1,1±0,09
Печень	10,7±0,6*	9,6±0,3	9,3±0,3
Почки	2,5±0,1*	2,3±0,1	2,1±0,1
Селезенка	0,8±0,07**	0,7±0,08*	0,6±0,07
Легкие	2,04±0,2	2,01±0,2	1,9±0,2

*Примечание. Достоверность различий по сравнению с контролем * ($p < 0,05$);*

*** ($p < 0,01$).*

Таким образом, мясо телят, получавших комплексные соединения микроэлементов, имеет более высокую пищевую и биологическую ценность по сравнению с мясом телят получавших растворы неорганических солей тех же микроэлементов, а также по сравнению с мясом телят контрольной группы.

3.7.8 Ветеринарно- санитарная экспертиза туш и внутренних органов телят

После завершения основной части исследования был осуществлен убой телят.

Была выполнена оценка мясной продуктивности телят, а также ветеринарно-санитарная экспертиза туш и внутренних органов. Послеубойный ветеринарно-санитарный осмотр туш и субпродуктов осуществляли в соответствии с «Правилами ветеринарного осмотра убойных животных и ветеринарно-санитарной экспертизы мяса и мясных продуктов».

Ветеринарно-санитарная экспертиза туш и внутренних органов проведена в полном объеме. Таким образом туши и внутренние органы телят можно использовать на пищевые цели без ограничения.

3.7.8.1 Оценка органолептических показателей мяса телят

Через сутки после убоя и выдерживания туш при температуре +20°C (после созревания) были отобраны пробы мяса в соответствии с ГОСТ 7269-2015 «Мясо и мясные продукты. Методы отбора проб». Пробы мяса были взяты у места зареза, в области лопатки и в области бедра.

Органолептическое исследование проб мяса телят включало в себя определение степени обескровливания туш, цвета и внешнего вида мяса, запаха, консистенции, состояния подкожного и внутреннего жира, сухожилий и качества бульона при варке.

Результаты органолептического исследования проб мяса телят представлены в таблице 32.

Таблица 32 – Результаты органолептического исследования мяса телят.

Показатель	Группы телят		
	1-я группа	2-я группа	3-я группа (контрольная)
Цвет мяса	Светло-красный		
Внешний вид и цвет поверхности туши	корочка подсыхания сухая, бледно-розового цвета		
Степень обескровливания туш	Хорошая		
Мышцы на разрезе	Слегка влажные, не оставляют влажного пятна на фильтровальной бумаге		
Запах	Специфический, свойственный свежему мясу телятины		
Консистенция	Плотная, упругая		
Состояние подкожного и внутреннего жира	Жир белого цвета, имеет специфический запах, свойственный жиру данного вида животных, консистенция твердая, при раздавливании крошится		
Состояние сухожилий	Упругие, плотные, поверхность сустава гладкая, блестящая.		
Бульон при варке	Прозрачный, ароматный. Незначительное скопление больших капель жира. Запах специфический, свойственный для бульона из мяса данного вида животных. Вкус бульона приятный, посторонних привкусов не отмечалось		

Таким образом, по комплексу органолептических показателей, пробы мяса всех трёх групп исследуемых животных были характерны для свежих продуктов убоя.

3.7.8.2 Физико-химическое исследование качества мяса телят

Было проведено физико-химическое исследование мяса всех убойных телят. Результаты представлены в таблице 33.

Таблица 33 – Результаты физико-химического исследования мяса телят.

Показатели	1-я группа	2-я группа	3-я группа (Контрольная)
Реакция на пероксидазу	Положительная		
Реакция с сернокислой медью	Отрицательная		
Формольная реакция	Отрицательная		
Степень свежести мяса по содержанию летучих жирных кислот	2,6±0,5	2,2±0,4	2,8±0,4

Реакция на пероксидазу у животных всех трёх групп была положительная. Это свидетельствует о том, что мясо получено от здоровых животных.

Реакция с сернокислой медью и формольная у мяса всех трех групп была отрицательная.

Мясо телят всех исследуемых групп по содержанию летучих жирных кислот являлось свежим.

Таким образом, по результатам органолептического и лабораторного исследования мясо животных всех исследуемых групп является свежим и доброкачественным и соответствовало требованиям ТР-ТС 034/2013; ТР-ТС 021/2011. Однако мясо телят первой и второй группы, имело несколько более высокое содержание белка и жира, по сравнению с третьей группой.

3.7.8.3 Микроскопическое исследование мяса телят

Анализ микроскопии мазков-отпечатков мяса производился в соответствии с ГОСТ 23392-2016 «Мясо. Методы химического и микроскопического анализа свежести». Результаты представлены в таблице 34.

Таблица 34 – Микроскопия мазков отпечатков мяса телят.

Показатель	группы телят		
	1-я группа	2-я группа	3-я группа (контрольная)
Содержание микробов (экземпляров)	2±1	1,6±0,5	2±1

В мазках-отпечатках мяса животных первой, второй и третьей групп в поле зрения микроскопа обнаружены единичные экземпляры кокков, следов распада тканей не обнаружено.

Таким образом, по результатам микроскопического исследования мясо телят всех исследуемых групп является доброкачественным.

3.7.8.4 Микробиологическое исследование мяса телят

Результаты микробиологического исследования мяса телят представлены в таблице 35.

Таблица 35 –Микробиологические показатели мяса телят.

Показатели	1-я группа	2-я группа	3-я группа
БГКП (колиформные бактерии) в 0,1 г.	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
Бактерии рода salmonella в 25 г.	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
КМАФАнМ, КОЕ/г (см ³)	1,1·10 ¹	1,3·10 ¹	1·10 ²
Listeria monocytogenes в 25 г.	не выделены	не выделены	не выделены
pH	5,88±0,03*	5,88±0,04	5,80±0,04
Микробиологические показатели мяса	Соответствуют требованиям ТР-ТС 034/2013; ТР-ТС 021/2011		

*Примечание. Достоверность различий по сравнению с контролем * (p < 0,05).*

Показатели микробной обсемененности мяса телят, как в опытных группах, так и в контрольной, отвечали требованиям ТР-ТС 021/2011, ТР-ТС 034/2013.

Мясо животных имело следующие значения pH: 5,88 в первой группе, 5,88 во второй группе и 5,80 в третьей группе.

Таким образом, мясо телят является доброкачественным.

3.7.9 Обсуждение результатов исследований на телятах

По результатам лабораторных исследований, проведенных до начала эксперимента, у животных было выявлено низкое содержание в сыворотке крови кобальта, цинка, меди, железа, марганца.

Введение хелатных соединений меди, цинка, железа, марганца, кобальта по предложенной схеме (сводящей к минимуму проявления антагонизма) позволило получить положительный результат.

Он заключался в повышении содержания микроэлементов в крови животных (п. 3.7.4). Также отмечено повышение содержания эритроцитов и гемоглобина по сравнению с контролем (п. 3.7.5). Более существенным данные изменения были у животных, получавших растворы комплексных соединений металлов-микроэлементов по предложенной схеме, чем при введении животным растворов

неорганических солей изменения были менее выраженными. Введение хелатных соединений микроэлементов оказало положительное влияние на прирост массы, мясную продуктивность и биологическую ценность мяса, по сравнению с применением растворов неорганических солей.

Введение в рацион телят хелатных соединений Cu, Zn, Mn, Co, Fe не оказало отрицательного влияния на органолептические, физико-химические, микробиологические показатели мяса.

3.8 Расчёт экономической эффективности

Для расчёта экономической эффективности применения в качестве кормовой добавки растворов хелатных комплексных соединений микроэлементов и растворов их неорганических солей необходимо оценить их себестоимость. Также необходимо оценить разницу предубойной или убойной массы животных соответствующих опытных групп по сравнению с контролем и определить дополнительно получаемую прибыль с учетом их рыночной цены.

Расчет можно произвести по формуле.

$$\text{Дополнительная прибыль} = (m_1 - m_2) \cdot A - B$$

Где m_1 средняя масса (предубойная, либо убойная) животных опытной группы (в кг), m_2 средняя масса (предубойная, либо убойная) животных контрольной группы; A - рыночная цена (за 1 кг); B- себестоимость даваемых растворов.

Такая оценка была выполнена в отношении телят, получавших растворы хелатных комплексных соединений микроэлементов или растворы неорганических солей в течение 30 дней.

Оценка себестоимости растворов хелатных комплексных соединений микроэлементов представлена в таблице 36, а оценка себестоимости неорганических солей – в таблице 37.

Таблица 36 – Расчет себестоимости разовых доз растворов хелатных комплексных соединений металлов-микроэлементов, получаемых телятами.

Реактивы	Расход веществ для приготовления 1 дозы раствора (г)	Оптовая цена реактивов за 1 кг (руб.)	Стоимость реактивов для приготовления 1 дозы раствора (руб.)	Себестоимость 1 дозы раствора (руб.)
Реактивы для приготовления 1 дозы раствора комплексных соединений меди				
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0,156	213,52	0,03323	0,129
Молочная кислота (80%)	0,147	190	0,0279	
Сахароза	0,449	49,5	0,0222	
Фруктоза	0,236	127,1	0,03	
Глицерин	0,121	130,27	0,0158	
Реактивы для приготовления 1 дозы раствора комплексных соединений железа				
FeCl ₃ ·6H ₂ O	1,45	127,61	0,184	1,419
Молочная кислота	1,899	190	0,3608	
Сахароза	5,774	49,5	0,2858	
Фруктоза	3,039	127,1	0,3863	
Глицерин	1,553	130,27	0,2023	
Реактивы для приготовления 1 дозы раствора комплексных соединений кобальта				
CoSO ₄ ·7H ₂ O	0,0166	2202,06	0,0366	0,046
Молочная кислота	0,014	190	0,0027	
Сахароза	0,0424	49,5	0,0021	
Фруктоза	0,0223	127,1	0,0028	
Глицерин	0,0114	130,27	0,0015	
Реактивы для приготовления 1 дозы раствора комплексных соединений цинка				
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	1,17	100	0,117	0,744
Молочная кислота	0,963	190	0,183	
Сахароза	2,928	49,5	0,1449	
Фруктоза	1,541	127,1	0,1959	
Глицерин	0,788	130,27	0,1027	
Реактивы для приготовления 1 дозы раствора комплексных соединений марганца				
MnSO ₄ ·H ₂ O	0,7216	108,4	0,0782	0,734
Молочная кислота	1,0088	190	0,1916	
Сахароза	3,067	49,5	0,1518	
Фруктоза	1,614	127,1	0,2051	
Глицерин	0,825	130,27	0,1075	
Итого, на 1 курс введения:	3,07 руб			

Примечание. 1. Стоимость воды, необходимой для приготовления растворов, очень мала и при выполнении расчетов не учитывается. 2. Такие реагенты, как молочная кислота, глицерин, сахароза и фруктоза использовались с 5% избытком для смещения химического равновесия в требуемом направлении. 3. Не учитывается стоимость NaOH, использованной для доведения pH растворов до нужных значений.

Таблица 37 – Расчет себестоимости разовых доз растворов неорганических солей металлов-микроэлементов, получаемых телятами.

Реактивы	Расход веществ для приготовления 1 дозы раствора (г)	Оптовая цена за 1 кг (руб.)	Себестоимость 1 дозы раствора (руб.)
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0,156	213,52	0,033
FeCl ₃ ·6H ₂ O	1,45	127,61	0,184
CoSO ₄ ·7H ₂ O	0,0166	2202,06	0,037
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	1,17	100	0,117
MnSO ₄ ·H ₂ O	0,7216	108,4	0,078
Итого, на 1 курс введения:	0,45 руб.		

Примечание. Стоимость воды, необходимой для приготовления растворов, очень мала и при выполнении расчетов не учитывается.

На 1 курс введения одному теленку растворов хелатных комплексных соединений Co, Zn, Cu, Mn, Fe затраты составят 3,07 руб., а при введении растворов неорганических солей 0,45 руб. За 1 месяц (6 курсов введения) затраты на 1 теленка составят, соответственно 18,43 руб. и 2,69 руб.

В таблице 22 были представлены показатели предубойной массы телят: в 1-й группе 61,44±1,4 кг, во 2-й группе 60,12±0,9 кг; в 3-й (контрольной) группе 57,48±1,5 кг.

Таким образом, в 1-й группе телят (получавших растворы хелатных комплексных соединений) предубойная масса была в среднем на 3,96 кг больше, чем в контроле, а во 2-й группе телят (получавших растворы неорганических солей) на 2,64 кг. При цене 165 руб. за 1 кг предубойной массы дополнительная прибыль с одного теленка составила: для 1-й группы $3,96 \cdot 165 - 18,43 = 634,97$ руб.; для 2-й группы: $2,64 \cdot 165 - 2,69 = 432,91$ руб. Таким образом, дополнительная прибыль, получаемая с одного животного 1-й группы, была на 202,06 руб. выше, чем с животного 2-й группы.

Аналогичный расчет может быть проведен и при оценке прибыли по убойной массе.

У животных 1-й группы убойная масса составила 30,9±1,1 кг, во 2-й группе 29,9±1,2 кг, в 3-й (контрольной) группе 27,9±0,5 кг. Таким образом, у животных 1-й группы убойная масса была на 3 кг выше, чем в контроле, а у животных 2-й

группы на 2 кг. При цене за 1 кг убойной массы 280 рублей дополнительная прибыль с одной туши (по сравнению с контрольной группой) в среднем составила: 840 руб. в 1-й группе и 560 руб. во 2-й группе, а за вычетом себестоимости вводимых растворов: в 1-й группе $3 \cdot 280 - 18,43 = 821,57$ руб., во 2-й группе $2 \cdot 280 - 2,69 = 557,31$ руб. Следовательно, дополнительная прибыль, получаемая (в среднем) с одной туши животного 1-й группы, была на 264,26 руб. выше, чем с туши животного 2-й группы.

При этом на 1 рубль дополнительных вложений дополнительная прибыль составляет $840 : 3,07 = 273,61$ руб. в случае использования растворов хелатных комплексных соединений.

Таким образом, их применение оказалось более выгодным, чем применение растворов неорганических солей тех же металлов-микроэлементов по той же схеме.

Аналогичная оценка была выполнена и в отношении козлят. Полностью корректной признать ее нельзя, поскольку животные получали растворы соединений микроэлементов в течение достаточно непродолжительного времени.

При этом эксперимент выполнялся не с целью достижения более высоких показателей мясной продуктивности, а, главным образом, для оценки изменения концентрации микроэлементов в крови козлят и изучения динамики биохимических и гематологических показателей после одного курса перорального введения растворов по предложенной схеме. В этом случае можно говорить лишь о частичном восполнении дефицита микроэлементов.

Тем не менее, даже проведение одного такого курса способствовало улучшению общего состояния животных, ранее испытывавших достаточно выраженный дефицит микроэлементов. Кроме того, после окончания эксперимента было отмечено повышение массы козлят опытных групп по сравнению с контролем (см п. 3.6.6., таблицу 9).

Далее в таблице 38 представлены данные, позволяющие оценить себестоимость полученных козлятами растворов хелатных комплексных соединений микроэлементов в пересчете на одну дозу. В таблице 39 приводятся аналогичные данные для растворов неорганических солей.

Таблица 38 – Расчет себестоимости разовых доз растворов хелатных комплексных соединений металлов-микроэлементов, получаемых козлятами.

Вещество	Расход веществ для приготовления 1 дозы раствора (г)	Оптовая цена реактивов за 1 кг (руб.)	Стоимость реактивов для приготовления 1 дозы раствора (руб.)	Себестоимость 1 дозы раствора
Реактивы для приготовления 1 дозы раствора комплексных соединений меди				
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,195	213,52	0,0416	0,161
Молочная кислота (80%)	0,1843	190	0,035	
Сахароза	0,56	49,5	0,0277	
Фруктоза	0,294	127,1	0,0374	
Глицерин	0,15	130,27	0,0195	
Реактивы для приготовления 1 дозы раствора комплексных соединений железа				
$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	1,2145	127,61	0,155	1,189
Молочная кислота	1,59	190	0,3021	
Сахароза	4,835	49,5	0,2393	
Фруктоза	2,545	127,1	0,3235	
Глицерин	1,30	130,27	0,1694	
Реактивы для приготовления 1 дозы раствора комплексных соединений кобальта				
$\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,0109	2202,06	0,024	0,030
Молочная кислота	0,0092	190	0,00175	
Сахароза	0,028	49,5	0,001386	
Фруктоза	0,0147	127,1	0,00187	
Глицерин	0,00754	130,27	0,0009822	
Реактивы для приготовления 1 дозы раствора комплексных соединений цинка				
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,883	100	0,0883	0,561
Молочная кислота	0,7269	190	0,138	
Сахароза	2,21	49,5	0,1094	
Фруктоза	1,163	127,1	0,1478	
Глицерин	0,594	130,27	0,0774	
Реактивы для приготовления 1 дозы раствора комплексных соединений марганца				
$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0,6912	108,4	0,0749	0,703
Молочная кислота	0,9662	190	0,1835	
Сахароза	2,937	49,5	0,1454	
Фруктоза	1,546	127,1	0,1964	

Глицерин	0,79	130,27	0,1029	
Итого, на 1 курс введения:	2,64 руб.			

Примечание. 1. Стоимость воды, необходимой для приготовления растворов, очень мала и при выполнении расчетов не учитывается. 2. Такие реагенты, как молочная кислота, глицерин, сахароза и фруктоза использовались с 5% избытком для смещения химического равновесия в требуемом направлении. 3. Не учитывается стоимость NaOH, использованной для доведения рН растворов до нужных значений.

Таблица 39 – Расчет себестоимости разовых доз растворов неорганических солей металлов-микроэлементов, получаемых козлятами.

Реактивы	Расход веществ для приготовления 1 дозы раствора (г)	Оптовая цена реактивов за 1 кг (руб.)	Стоимость реактивов для приготовления 1 дозы раствора (руб.)
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0,195	213,52	0,042
FeCl ₃ ·6H ₂ O	1,2145	127,61	0,155
CoSO ₄ ·7H ₂ O	0,0109	2202,06	0,024
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0,883	100	0,088
MnSO ₄ ·H ₂ O	0,6912	108,4	0,075
Итого, на 1 курс введения:	0,38 руб.		

Примечание. Стоимость воды, необходимой для приготовления растворов, очень мала и при выполнении расчетов не учитывается.

Таким образом, себестоимость растворов хелатных комплексных соединений для 1 курса введения составляет 2,64 руб., а себестоимость растворов неорганических солей - 0,38 руб.

Оценка экономической эффективности может быть проведена с учётом предубойной массы козлят. Козлята 1-й группы имели предубойную массу на 1,8 кг. выше, чем в контроле (4-й группе), козлята 2-й группы- на 0,8 кг, а животные 3-й группы- на 0,5 кг.

Если цена за 1 кг предубойной массы составляет 140 руб., то дополнительная прибыль от каждого из козлят 1-й группы составит (в среднем) $1,8 \cdot 140 - 2,64 = 249,36$ руб., 2-й группы $0,8 \cdot 140 - 0,38 = 111,62$ руб., 3-й группы $0,5 \cdot 140 - 0,38 = 69,62$ руб.

Оценка экономической эффективности также может быть проведена с учетом убойной массы. Ее разница по сравнению с контролем в 1-й группе составила 1,4

кг, во 2-й группе 0,9 кг, а в 3-й группе 0,5 кг. Если цена за 1 кг убойной массы составляет 260 руб., то можно получить следующую дополнительную прибыль с одной туши: для 1-й группы козлят $1,4 \cdot 260 - 2,64 = 361,36$ руб.; для 2-й группы $0,9 \cdot 260 - 0,38 = 233,62$ руб.; для 3-й группы $0,5 \cdot 260 - 0,38 = 129,62$ руб.

Таким образом, результаты экономической эффективности оказались наиболее высокими у козлят 1-й группы, получавших растворы хелатных комплексных соединений. Во 2-й группе, получавшей растворы неорганических солей по предложенной схеме, экономическая эффективность оказалась выше, чем в 3-й группе, получавшей растворы неорганических солей разных микроэлементов совместно.

Следует отметить, что даже проведение одного курса перорального введения растворов соединений микроэлементов козлятам (испытывавшим их дефицит) оказалось экономически эффективным. Можно ожидать, что проведение нескольких таких курсов в процессе выращивания козлят обеспечило бы полное купирование дефицита микроэлементов, что способствовало бы более быстрому росту и развитию животных. В этом случае экономическая эффективность могла бы быть выше.

3.9 Дальнейшее совершенствование кормовых добавок

Возможно дальнейшее совершенствование предложенной кормовой добавки с целью снижения себестоимости производства, хранения и транспортировки, а также повышения удобства применения. Далее описаны некоторые возможные пути решения этих задач.

3.9.1 Высококонцентрированные растворы комплексных соединений металлов микроэлементов с сахарозой, глицерином и молочной кислотой

Предложенные жидкие кормовые добавки на основе хелатных комплексных соединений металлов микроэлементов с сахарозой, глицерином и молочной кислотой хорошо показали себя в ходе описанных выше исследований. Они были

стабильны при широком диапазоне значений рН, что обеспечивало существенные преимущества, описанные выше.

Необходимо отметить, что все готовые к применению жидкие кормовые добавки имеют недостаток, который несущественен при их использовании для небольшого числа животных, но может оказаться достаточно серьезным при применении в крупных хозяйствах, где содержатся сотни животных. Дело в том, что они представляют собой сильно разбавленные растворы комплексных соединений, а следовательно, занимают достаточно большой объем и имеют значительную массу из-за высокого содержания воды.

Поскольку предлагаемые составы содержат органические вещества, являющиеся естественными метаболитами, требуется введение консервантов для предотвращения их разложения микроорганизмами. При этом в сильно разбавленном растворе придется создавать такую же концентрацию консерванта, что и в растворе с намного более высокой концентрацией действующих веществ. Следовательно, при применении разбавленных растворов потребуется использовать во много раз большее количество консервантов. Это приведет к значительному увеличению себестоимости.

Исходя из всего вышеизложенного представляется целесообразным использование достаточно концентрированных растворов, которые непосредственно перед использованием должны быть разведены в нужном объеме воды. Такой подход позволит снизить издержки, связанные с транспортировкой и хранением. Для приготовления большого объема рабочего раствора (рассчитанного на большое число животных) потребуется лишь небольшое количество любого из подобных высококонцентрированных растворов. Но при этом приготовление рабочих растворов в условиях животноводческих хозяйств потребует ответственного отношения к работе их персонала.

Необходимо отметить, что в данных растворах лучше использовать концентрацию веществ несколько ниже максимально возможной по растворимости. Это обеспечит более удобное их дозирование и уменьшение вероятности ошибок при приготовлении рабочих растворов (и, следовательно,

снизит риск передозировки). Концентрация соединений микроэлементов в растворах должна быть удобной для дозирования.

Далее (табл. 40) приводятся рецептуры для приготовления растворов с высокой концентрацией хелатных комплексных соединений, содержащих по 1 г того или иного из микроэлементов: меди, марганца, кобальта, цинка, железа в 100 мл. Данные растворы смешиваются в нужном соотношении с водой для поения животных.

Необходимо отметить, что в состав рецептов входят вспомогательные вещества- муравьиная и пропионовая кислоты, являющиеся консервантами. Также при приготовлении данных концентрированных растворов используется гидроксид натрия с целью поддержания оптимальных значений pH. Сахароза, глицерин и молочная кислота взяты в некотором избытке (5% от расчетного количества) для смещения равновесия обратимых реакций в сторону образования соответствующих комплексных соединений.

Растворы не являются насыщенными, что снимает технологические трудности, связанные с растворением веществ при их приготовлении в производственных масштабах.

Таблица 40 – Рецептуры для приготовления растворов хелатных комплексных соединений.

Раствор	Вещества, используемые для приготовления раствора.	Содержание в 100 мл (г)
Раствор комплексных соединений железа (III). Содержание Fe (по элементу) 1 г в 100 мл раствора.	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	4,829
	Сахароза (или сахар)	19,23
	Фруктоза	10,121
	Глицерин	5,173
	Молочная кислота (80%)	6,326
	Муравьиная кислота (85%)	0,12
	Пропионовая кислота	0,38
	H_2O	до 100 мл.

<p>Раствор комплексных соединений меди (II). Объем раствора 100 мл.</p> <p>Содержание Cu (по элементу) 1 г в 100 мл раствора.</p>	CuSO ₄ ·5H ₂ O	3,906
	Фруктоза	5,906
	Сахароза (или сахар)	11,222
	Глицерин	3,019
	Молочная кислота (80%)	3,691
	Муравьиная кислота (85%)	0,12
	Пропионовая кислота	0,38
	H ₂ O	до 100 мл
<p>Раствор комплексных соединений цинка. Объем раствора 100 мл.</p> <p>Содержание Zn (по элементу) 1 г в 100 мл раствора.</p>	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	4,415
	Фруктоза	5,8155
	Сахароза (или сахар)	11,005
	Глицерин	2,9725
	Молочная кислота (80%)	3,6345
	Муравьиная кислота (85%)	0,12
	Пропионовая кислота	0,38
	H ₂ O	до 100 мл
<p>Раствор комплексных соединений марганца (II). Объем раствора 100 мл.</p> <p>Содержание Mn (по элементу) 1 г в 100 мл раствора.</p>	MnSO ₄ ·H ₂ O	3,072
	Фруктоза	6,872
	Сахароза (или сахар)	13,057
	Глицерин	3,512
	Молочная кислота (80%)	4,295
	Муравьиная кислота (85%)	0,12
	Пропионовая кислота	0,38
	H ₂ O	до 100 мл
<p>Раствор комплексных соединений кобальта (II). Объем раствора 100 мл.</p> <p>Содержание Co (по элементу) 1 г в 100 мл раствора.</p>	CoSO ₄ ·7H ₂ O	4,763
	Сахароза (или сахар)	12,173
	Фруктоза	6,407
	Глицерин	3,274
	Молочная кислота (80%)	4,044
	Муравьиная кислота (85%)	0,12 г.
	Пропионовая кислота	0,38 г.
	H ₂ O	до 100 мл

Дозировка каждого из растворов на 1 животное должна рассчитываться, исходя из суточной потребности соответствующих микроэлементов. С учетом более высокой биодоступности микроэлементов при использовании указанных комплексных соединений и схемы введения минимизирующей антагонизм микроэлементов она может быть снижена по сравнению со значениями, рекомендуемыми для введения неорганических солей.

Для оценки эффективности использования данных кормовых добавок и корректировки дозировки, целесообразно контролировать содержание микроэлементов через определенные промежутки времени хотя бы у некоторой части получавших их животных.

Необходимо отметить, что растворы комплексных соединений железа (III) не следует смешивать с растворами комплексных соединений марганца (II) и кобальта (II), поскольку это приведет к протеканию нежелательных реакций.

3.9.2 Разработка наборов сухих реагентов для приготовления *ex tempore* растворов комплексных соединений меди, цинка, кобальта, железа и марганца с глицином

Можно добиться еще большего снижения себестоимости кормовых добавок если использовать наборы сухих (твердых) реагентов для приготовления растворов хелатных комплексных соединений *ex tempore*. Это позволит также максимально снизить издержки, связанные с транспортировкой и хранением.

Поскольку глицерин и молочная кислота являются жидкостями, то в данном случае придется отказаться от их использования и применить другие органические вещества, способные выступать в качестве лигандов при образовании хелатных комплексных соединений.

С этой целью возможно использование множества веществ, относящихся к разным классам органических соединений. Обязательными условиями являются следующие. 1. Данные вещества должны являться для организма естественными метаболитами. 2. При взаимодействии данных веществ с ионами металлов должны образовываться хелатные комплексные соединения с умеренной стабильностью.

Этим требованиям удовлетворяют аминокислоты. С учетом низкой цены (обусловленной простотой получения) наиболее перспективным представляется использование глицина (аминоуксусной кислоты). Кроме того, в силу особенностей строения молекулы, у данной аминокислоты нет D-, L-стереоизомерии. Это снимает вопросы о полноте включения ее в метаболические процессы после разложения комплексных соединений в клетках организма.

В состав большинства описанных далее наборов реагентов входит не только глицин, но и его натриевая соль. При этом глицин и глицинат натрия взяты в определенном соотношении, позволяющем после растворения в воде добиться значений pH, оптимальных для поддержания стабильности получаемых комплексных соединений.

Содержание глицина и глицината натрия в наборе может быть несколько увеличено при сохранении их массового соотношения. Это позволит сместить равновесие обратимой реакции с ионами металла-микроэлемента в сторону образования комплексного соединения.

Каждый набор должен состоять из 2 пакетов (или иных емкостей) в одном из которых находится навеска соли металла-микроэлемента, а в другом навеска глицина или глицината натрия, либо их смеси в определенном соотношении.

Перед применением содержимое обоих пакетов (из нужного набора) необходимо растворить в воде. При этом получится раствор хелатного комплексного соединения, содержащий определенное количество микроэлемента. Его нужно распределить между определенным числом животных исходя из требуемой дозировки. В таблице 41 представлены рецептуры наборов реагентов.

Таблица 41 – Рецептуры наборов сухих реагентов для приготовления растворов комплексных соединений меди, цинка, железа, марганца и кобальта с глицином.

Реагенты	Вещество	Масса
Набор реагентов для получения раствора, содержащего 1 г Fe (по элементу)	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	4,83 г.
	Глицин	4,05 г.

Продолжение таблицы 41.

Набор реагентов для получения раствора, содержащего 1 г Mn (по элементу).	MnSO ₄ ·H ₂ O	3,73 г.
	Глицинат натрия	0,003 г.
	Глицин	2,7г.
Набор реагентов для получения раствора, содержащего 1 г Cu (по элементу).	CuSO ₄ ·5H ₂ O	3,9
	Глицинат натрия	0,08
	глицин	2,27
Набор реагентов для получения раствора, содержащего 1 г Zn (по элементу).	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	4,41
	Глицин	2,09
	Глицинат натрия	0,27
Набор реагентов для получения раствора, содержащего 1 г Co (по элементу).	CoSO ₄ ·7H ₂ O	4,8 г.
	Глицинат натрия	3,3 г

Подобные наборы реагентов целесообразно использовать по отдельности с применением аналогичной схемы введения животным, сводящей к минимуму проявление антагонизма микроэлементов. Кроме того, это позволяет избежать протекания некоторых нежелательных химических реакций.

Аналогичные наборы реагентов могут быть получены и при использовании других аминокислот, а также множества органических соединений других классов. Был получен патент на изобретение RU 2705297 «Кормовая добавка на основе комплексного соединения металла с аминокислотой».

Растворы, содержащие комплексные соединения металла-микроэлемента только с одной аминокислотой стабильны при достаточно узком диапазоне значений pH. Это является существенным недостатком. Для его устранения можно использовать составы, содержащие несколько разных веществ, образующих комплексные соединения, стабильные при разных значениях pH. Можно подобрать их таким образом, что если при изменении pH разрушится одно комплексное соединение, то тотчас же образуется другое. Таким образом, можно добиться поддержания иона металла-микроэлемента в хелатированном состоянии при очень широком диапазоне значений pH.

В состав усовершенствованных наборов реагентов может входить смесь нескольких аминокислот (или их солей), а также сахароза, глюкоза, фруктоза и

многие другие вещества способные образовывать в растворе комплексные соединения с ионами переходных металлов.

3.9.3 Перспективы дальнейшей разработки темы

Результаты выполненных исследований позволяют наметить следующие направления дальнейшей разработки темы.

1) Создание новых кормовых добавок, содержащих комплексные соединения не только, железа, цинка, меди, марганца и кобальта, но и других металлов-микроэлементов (например, хрома), а также легко усвояемые соединения микроэлементов-неметаллов (например, йода и селена);

2) Дальнейшее совершенствование схемы введения соединений микроэлементов, включающее использование кормовых добавок, состоящих из нескольких растворов, даваемых животным по отдельности. При этом в состав каждого из таких растворов должны входить соединения только тех микроэлементов, которые не проявляют антагонизм, либо оказывают синергическое действие. Это сделает их применение более удобным, поскольку позволит уменьшить число видов растворов, даваемых животным отдельно друг от друга.

3) Разработка жидких кормовых добавок, содержащих не только соединения микроэлементов, но и различные витамины. Рецептуры таких добавок должны исключать нежелательное химическое взаимодействие между компонентами. Схема применения должна минимизировать проявление антагонизма. При этом жидкая кормовая добавка также должна состоять из нескольких растворов, даваемых животным по отдельности через определенные промежутки времени.

4) Дальнейшее совершенствование наборов реагентов для получения растворов хелатных комплексных соединений непосредственно перед применением.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе диссертационного исследования было предложено использование в качестве кормовых добавок растворов хелатных соединений железа, марганца, цинка, кобальта, меди с разными лигандами. В каждом растворе присутствовала смесь разных по составу комплексных соединений металла- микроэлемента.

При этом устанавливалось химическое равновесие, которое могло смещаться в зависимости от величины рН. Если при изменении рН распадалось, то или иное комплексное соединение, то тотчас же происходило образование нового комплексного соединения иного состава. В результате ион металла так или иначе оставался в хелатированном состоянии.

Последнее является весьма важным для достижения более полного всасывания металлов- микроэлементов в ЖКТ животных.

Дело в том, что в разных отделах ЖКТ рН сильно различается. Поэтому при использовании комплексных соединений с лигандами одного вида может происходить их распад либо с высвобождением иона металла, либо с образованием нерастворимых неорганических соединений металла- микроэлемента, что снизит эффективность их использования.

Применение вышеописанного подхода решает данную проблему.

Анализ литературы показал, что другими авторами данный подход, по всей вероятности, целенаправленно не применялся. Во всяком случае, об этом сведений в литературных источниках найдено не было.

Ещё одним преимуществом является использование в качестве лигандов, соединений, являющихся для животных естественными метаболитами и легко включающимися в обменные процессы и не проявляющими токсичности.

Полученные комплексные соединения металлов микроэлементов обладают умеренной устойчивостью. Это позволяет им достаточно легко высвободить ион металла или вступать в реакции образования новых комплексных соединений после проникновения в клетки организма.

В экспериментах на лабораторных животных (мышях) было показано, что растворы данных хелатных соединений (в используемых концентрациях) не

обладают местным раздражающим действием и не вызывают раздражения слизистой оболочки ротовой полости и других отделов ЖКТ. Общего токсического воздействия на мышей также выявлено не было.

Были проведены исследования на козлятах. При этом одна группа козлят получала хелатные соединения, по схеме предполагавшей, что соединения разных микроэлементов вводятся по отдельности (через сутки). Всего было выполнено пять введений, по одному для каждого из микроэлементов: меди, цинка, марганца, кобальта, железа. Однократно вводимое количество каждого из микроэлементов было в 5 раз больше рекомендуемого. Но поскольку соединения каждого из 5 микроэлементов за этот период давались однократно, средняя полученная за 5 дней доза соответствовала рекомендуемой. Такая схема введения позволяла свести к минимуму проявление антагонизма микроэлементов.

Вторая группа козлят получала неорганические соли тех же металлов микроэлементов (в тех же рекомендуемых дозировках по микроэлементам).

Третья группа козлят получала неорганические соли металлов-микроэлементов в рекомендуемых дозировках. При этом указанные вещества вводились совместно в каждый из 5 дней.

Четвертая (контрольная) группа получала дистиллированную воду.

В течение месяца проводилась оценка биохимических и гематологических показателей. В этот период козлята получали такое же питание, как до начала эксперимента.

Было показано, что после однократного введения микроэлементов, содержание в крови животных несколько повысилось относительно контрольной группы.

У животных второй группы повышение было менее выраженным по сравнению с первой группой, а у животных третьей группы еще меньшим.

Полученные результаты позволяют предположить, что усвоение организмом животных металлов микроэлементов при использовании хелатных комплексных соединений оказалось более высоким, чем при использовании неорганических солей.

Поскольку у животных второй группы содержание микроэлементов в крови оказалось выше, чем у животных третьей группы, можно утверждать, что при использовании предложенной схемы введения микроэлементы усваиваются лучше, чем при их совместном введении. Это можно объяснить уменьшением антагонистического влияния.

Таким образом предложенная схема введения оказалась несколько более эффективной даже при использовании неорганических солей, а при применении предложенных растворов хелатных комплексных соединений эффективность еще более возросла.

Также был выполнен эксперимент на 30 телятах холмогорской голштиinizированной породы возрастом один месяц. Животные имели проявления недостатка микроэлементов. При биохимическом исследовании крови был обнаружен дефицит микроэлементов. Животные были разделены на три группы по десять голов в каждой.

Животные первой группы получали хелатные соединения меди, марганца, кобальта, железа, цинка описанные выше. Их пероральное введение осуществлялось в течение 30 дней по следующей схеме, сводящей к минимуму проявления антагонизма данных микроэлементов. Соединения вводились шестью курсами по пять дней, в течение каждого из которых животным отдельно давались соединения каждого из микроэлементов.

Животные второй группы получали по аналогичной схеме растворы неорганических солей тех же микроэлементов.

Животные третьей (контрольной) группы получали дистиллированную воду.

У животных первой и второй групп нормализовалось состояние и показатели роста и развития. При этом у животных первой группы изменения наступили раньше, чем у животных второй группы. Состояние животных третьей (контрольной) группы не улучшилось. Содержание микроэлементов в крови животных первой группы увеличилось в большей степени, чем у телят 2-й группы. При этом у животных первой и второй групп оно было выше, чем в контроле (у третьей группы).

Таким образом, в экспериментах на козлятах и телятах была подтверждена более высокая эффективность применения хелатных комплексных соединений по сравнению с неорганическими солями меди, цинка, марганца, кобальта и железа.

Также была подтверждена (в экспериментах на козлятах) несколько большая эффективность предложенной схемы отдельного введения соединений микроэлементов по сравнению с общепринятой схемой (предусматривающей совместное введение).

При проведении ветеринарно-санитарной экспертизы мяса и внутренних органов, полученных от телят и козлят опытных групп, не обнаружено снижения качества продукции по сравнению с контролем. Органолептические, физико-химические, микробиологические и микроскопические показатели мяса во всех случаях соответствовали норме. Содержание микроэлементов оказалось более высоким в мясе тех животных, которые получали растворы хелатных соединений.

Была показана безопасность, и высокая биологическая ценность мяса козлят и телят, получавших растворы данных хелатных комплексных соединений в качестве кормовых добавок. В экспериментах на крысах, которым скармливалось мясо подопытных животных, не было обнаружено токсического влияния. После убоя крыс и патологоанатомического исследования, патологических изменений выявлено не было. Более высокий прирост массы наблюдался у крыс, которым скармливалось мясо телят или козлят, получавших хелатные комплексные соединения микроэлементов.

Таким образом, применение предложенных хелатных соединений можно считать безопасным для животных и повышающим биологическую ценность мяса.

Разработанные жидкие кормовые добавки оказались простыми в производстве и достаточно недорогими. Тем не менее, предложены пути дальнейшего совершенствования разработки, которые могут оказаться полезными как для коммерциализации, так и для дальнейших исследований.

Выводы

1. Полученные растворы хелатных соединений Cu, Zn, Co, Mn, Fe не проявляли общетоксического и местного раздражающего действия.

2. У козлят и телят, испытывавших дефицит микроэлементов, нормализация общего состояния и биохимических показателей при использовании растворов хелатных соединений происходила быстрее, чем при использовании растворов неорганических солей.
3. При использовании предложенных растворов хелатных соединений микроэлементов козлята и телята имели более высокий прирост массы на 6,3% и 2,2%, массу туш на 7,9% и 3,4% соответственно, чем при применении растворов неорганических солей.
4. Мясо животных получавших предложенные растворы хелатных соединений имело более высокое содержание микроэлементов (у козлят Zn на 9,1%, Cu на 34,4% и у телят Co на 37%, Zn на 3,4%, Cu на 3,3%, Fe на 6,2%), чем у животных, получавших растворы неорганических солей по такой же схеме.
5. Введение в рацион телят и козлят хелатных соединений Cu, Zn, Mn, Co, Fe не оказало отрицательного влияния на органолептические, физико-химические, микробиологические показатели мяса.
6. Использование телятам хелатных соединений в течение 30 дней обеспечивает дополнительную прибыль 264,26 руб. с одной туши.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Разработанные жидкие кормовые добавки целесообразно производить в виде водных растворов с высокой концентрацией веществ. Это существенно снижает себестоимость продукции и расходы, связанные с хранением и транспортировкой.
2. Разработанные кормовые добавки могут применяться как с использованием автоматических систем поения животных, так и без их применения. В последнем случае они смешиваются с водой для выпаивания, либо разводятся водой и смешиваются с кормом в кормосмесителе. Возможно орошение корма разбавленными водой растворами на кормовом столе.
3. Является целесообразным использование предложенной схемы отдельного введения соединений разных микроэлементов.
4. С учетом содержания микроэлементов в кормах, применяемых в том или ином животноводческом хозяйстве могут использоваться не все, а лишь некоторые из предложенных растворов хелатных соединений. Это позволит исключить риск передозировки и снизить расходы на приобретение кормовой добавки.
5. Необходима корректировка дозировки вводимых соединений металлов-микроэлементов с учетом особенностей каждого конкретного животноводческого хозяйства. Для этого необходимо периодически определять содержание микроэлементов в крови, по крайней мере, у части животных.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АЛТ – аланинаминотрансфераза;

АСТ – аспартатаминотрансфераза;

БГКП – бактерии группы кишечной палочки;

ВСЭ – ветеринарно-санитарная экспертиза;

ГОСТ – государственный отраслевой стандарт;

ЖКТ – желудочно-кишечный тракт;

КМАФАнМ – количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов;

КОЕ – колониеобразующие единицы;

pg. – пикограммы;

т.м.т. – тысяч микробных тел;

УР – Удмуртская Республика;

fl. – фемтолитры;

ФЭК – фотоэлектроколориметр;

ЦНС – центральная нервная система;

ЭДТА – этилендиаминтетраацетат;

HCT – гематокрит;

MCH – среднее содержание гемоглобина в эритроцитах;

MCV – средний объем эритроцитов;

RBC – эритроциты;

WBC – лейкоциты;

HGB – гемоглобин;

MONO – моноциты;

LYM – лимфоциты;

GRAN – гранулоциты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авакьянц, Б.М. Отравление животных солями тяжелых металлов и мышьяка / Б.М. Авакьянц, Л.А. Попова, Т.И. Коток // Ветеринарный консультант. – 2006. – № 15. – С. 12-17.
2. Азаренко, Ю.А. Особенности биогеохимии микроэлементов (Mn, Cu, Zn, Co, Mo, V) в ландшафтах Омского Прииртышья / Ю.А. Азаренко // В сборнике: Биогеохимия химических элементов и соединений в природных средах. Материалы Международной школы-семинара молодых исследователей. Под редакцией Боева В. А., Сысо А.И., Хорошавина В.Ю., 2014. – С. 142-147.
3. Андреева, А.В. Динамика роста и развития новорожденных телят при дефиците микроэлементов и его коррекции / А.В. Андреева, О.Н. Николаева, Р.Г. Насретдинов // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 2. – С. 46-48.
4. Андреева, А.В. Иммунодефициты при недостатке меди и цинка и методы их коррекции / А.В. Андреева, О.Н. Николаева, М.Л. Мюристая // Уфа, 2009. – 192 с.
5. Антипов, О.В. Влияние скармливания металлопротеиновых соединений на рост телят / О. В. Антипов // В сборнике: научная дискуссия современной молодёжи: актуальные вопросы, достижения и инновации. Сборник статей международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 169-171.
6. Ариповский, А.В. Предпочтительная химическая природа соединений металлов, используемых в качестве пищевого источника / А.В. Ариповский, А.А. Дельцов // Кролиководство и звероводство. – 2011. – № 5. – С. 28-30.
7. Арнаутовский, И.Д. Влияние коммерческих и экспериментальных кормовых добавок на концентрацию микроэлементов в крови и обмен веществ у коров в период адаптации к условиям Приамурья / И.Д. Арнаутовский, С.В. Гуляева, В.Н. Кондратьев, В.В. Михалёв // Зоотехния. – 2013. – № 4. – С. 10-11.
8. Арсанукаев, Д.Л. Гемопоэтическое влияние комплексонатов микроэлементов / Д.Л. Арсанукаев, Х.М. Зайналабдиева, Я.С. Усаева, Л.А. Дудурханова, Л.Г. Молочаева // В сборнике: современная медицина: новые подходы и актуальные исследования. Сборник материалов Международной научно-практической

- конференции, посвященной 80-летию Чеченского государственного университета. ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет»; Ответственный редактор: М.Р. Нахаев. – 2018. – С. 441-449.
9. Аюшев, А.М. Влияние уровня цинка на мясную продуктивность бычков красной степной породы / А.М. Аюшев, Ю.Н. Арилов // В сборнике: Повышение эффективности кормления и разведения сельскохозяйственных животных. межвузовский сборник научных трудов. Калмыцкий государственный университет. Элиста, 1996. – С. 50-55.
 10. Беленький, Н.Г. Методические рекомендации по определению биологической ценности продукции животного происхождения / Н.Г. Беленький. - М.: ВАСХНИЛ, 1976. - 75 с.
 11. Белькевич, И.А Мониторинг и фармакокоррекция полигипо микроэлементозов крупного рогатого скота в условиях республики Беларусь / И.А. Белькевич, Ю.Г. Мисюта, С.Е. Головатый // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2013. – № 4. – С. 67-77.
 12. Берестов Д.С. Микроструктура печени мышей на фоне введения различных доз премикса Activemix / Д.С. Берестов, А.В. Шишкин, Е.И. Трошин, Ю.Г. Васильев, Д.И. Красноперов // Международный вестник ветеринарии. – 2018. – № 4. – С. 129-134.
 13. Биденко, В.Н. Эффективность использования солей и комплексонатов микроэлементов при выращивании бобовых кормовых культур в зоне радиоактивного загрязнения / В.Н. Биденко, В.П. Славов, В.З. Трохименко // Таврический научный обозреватель. – 2016. – № 5-2 (10). – С. 239-243.
 14. Биохимия: в 3-х томах / Л. Страйер; под. ред. акад. С. Е. Северина. – Москва. – Мир. –1985. – 400 с.
 15. Богороденко, С.В. Баланс меди и цинка у сухостойных коров при дополнительном введении в рацион хелатных форм микроэлементов / С.В. Богороденко, И.А. Ионов, С.О. Шаповалов, М.Н. Долгая, С.С. Варчук // Актуальные проблемы транспортной медицины. – 2014. – № 3 (37). – С. 109-114.

16. Богороденко, С.В. Влияние разных доз хелатных форм меди, цинка и марганца на баланс микроэлементов в организме глубококостельных коров / С.В. Богороденко // Зоотехническая наука Беларуси. – 2016. – Т. 51. – № 1. – С. 198-205.
17. Богороденко, С.В. Влияние разных доз хелатных форм меди, цинка и марганца на баланс микроэлементов в организме глубококостельных коров / С.В. Богороденко // Зоотехническая наука Беларуси. – 2016. – Т. 51. № 1. – С. 198-205.
18. Бойко, А.В. Микроминеральная питательность кормов в учхозе "Новинки"/ А.В. Бойко, Т.Н. Комиссарова // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – Т. 1. – С. 307-311.
19. Бомко, В.С. Эффективность использования премиксов на основе металлохелатов в кормлении голштинских коров датского происхождения в первые 100 дней лактации / В.С. Бомко, М.Г. Повозников, В.П. Даниленко // Таврический научный обозреватель. – 2016. – № 5-2 (10). – С. 129-135.
20. Бомко, В.С. Обмен цинка у высокопродуктивных молочных коров при скармливании разнолигандных комплексов цинка, марганца и кобальта / В.С. Бомко, Ю.Г. Кропивка, Л.Г. Бомко // Біологія тварин. – 2018. – Т. 20. – № 2. – С. 15-23.
21. Будникова, Е.Н. Использование хелатных форм микроэлементов в рационах сельскохозяйственных животных / Е.Н. Будникова, Е.А. Иванова, А.В. Кофанова [и др.] // Актуальные вопросы инновационного развития агропромышленного комплекса: материалы Международной научно-практической конференции / Отв. за выпуск И.Я. Пигорев. – Курск, 2016. – С. 23–26.
22. Булак Т.В. Применение органических форм микроэлементов в животноводстве / Т.В. Булак, Н.П. Самусевич // В сборнике: Аграрная наука - сельскому хозяйству сборник статей: в 3 книгах. Алтайский государственный аграрный университет. – 2016. – С. 216-218.
23. Васильева, М.И. Эффективное применение биоантиоксидантных композиций в производстве говядины / М.И. Васильева, О.А. Краснова // Аграрный вестник Урала. – 2015. – № 11 (141). – С. 24-26.

24. Вериго, Ю.В. Профилактическая и экономическая эффективность применения минерального препарата "Гексамин" для сухостойных коров и телят / Ю.В. Вериго, М.П. Кучинский // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. – 2013. – Т. 49. № 2-1. – С. 28-31.
25. Виноградов, П.Н. Методические рекомендации по содержанию лабораторных животных в вивариях научно-исследовательских институтов и учебных заведений / П.Н. Виноградов, С.С. Шевченко, О.Л. Седовым, Е.С. Гарафутдиновой, М.Ф. Малыгиным //: РД - АПК 3.10.07.02-0. "Гипронисельхоз" 2009-12-15.
26. Волгин, В.И. Полноценное кормление молочного скота – основа реализации генетического потенциала продуктивности / В.И. Волгин, Л.В. Романенко, П.Н. Прохоренко, З.Л. Федорова, Е.А. Корочкина // Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных . Москва. –2018.
27. Воробьев, В.И. Физиологический механизм влияния недостающих в среде и кормах микроэлементов на состояние эритрона, процессы свободнорадикального окисления и продуктивность жвачных животных / В.И. Воробьев, Д.В. Воробьев, Е.Н. Щербакова, Н.И. Захаркина, А.П. Полковниченко // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11-3. – С. 461-464.
28. Гаврюшина, И.В. Применение микроэлемента селена для повышения продуктивности молодняка овец / И.В. Гаврюшина // Фермер. Поволжье. –2015. – № 2 (33). – С. 50-51.
29. Герман, Н.В. Эффективность использования солей микроэлементов и витаминов в рационах питания крупного рогатого скота / Н.В. Герман // Аграрный вестник Урала. – 2011. – № 9 (88). – С. 26-28.
30. ГОСТ 21237-75 «Мясо. Методы бактериологического анализа, предъявляемым к доброкачественному свежему мясу». – М.: Стандартинформ, 2014. – 25с.

31. ГОСТ 23392-2016 «Мясо. Методы химического и микроскопического анализа свежести». – Введ. 2018-01-01. М.: Госстандарт: Издательство стандартов, – 2016- 5 с.
32. ГОСТ 31777–2012 «Овцы и козы для убоя. Баранина, ягнятина и козлятина в тушах. Технические условия. – М.: Стандартиформ, 2014. – 11с.
33. ГОСТ 32343–2013. Корма, комбикорма. Определение содержания кальция, меди, железа, магния, марганца, калия, натрия и цинка методом атомно-абсорбционной спектрометрии. – М.: Стандартиформ, 2014. – 15с.
34. ГОСТ 34120-2017 «Крупный рогатый скот для убоя. Говядина и телятина в тушах, полутушах и четвертинах». – Введ. 2019-01-01. М.: Госстандарт: Издательство стандартов, –2017- 5 с.
35. ГОСТ 7269-2015 «Мясо. Методы отбора образцов и органолептические методы определения свежести». – Введ. 2017-01-01 М.: Госстандарт: Издательство стандартов, –2015- 15 с.
36. ГОСТ Р 51478-99 (ИСО 2917-74) «Мясо и мясные продукты. Контрольный метод определения концентрации водородных ионов (рН)» – М.: Стандартиформ, 2018. – 5с.
37. Гурин, В.К. Конверсия энергии рационов бычками в продукцию при использовании органических микроэлементов / В.К. Гурин, В.Ф. Радчиков, В.П. Цай, В.А. Люндышев // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2015. – Т. 52. – № 4. – С. 83-88.
38. Гуркина, Л.В. Взаимное действие биогенных микроэлементов и элементов тяжелых металлов в организме животных / Л.В. Гуркина, И.К. Наумова, М.Б. Лебедева // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2016. – № 1. – С. 32-37.
39. Деркач, И.М. Современные тенденции на отечественном рынке ферумсодержащих ветеринарных препаратов / И.М. Деркач, С.С. Деркач, И.А. Сотниченко // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2018. –№ 4. – С. 64-70.

40. Дронов, В.В. Способ диагностики недостаточности меди, йода и цинка в организме крупного рогатого скота по клинической манифестации / В.В. Дронов, Г.В. Сноз // Российский ветеринарный журнал. – 2017. – № 9. – С. 16-24
41. Дронов, В.В. Динамика клинических, биохимических и иммунологических показателей организма новорожденных телят при Zn-, Cu- J-гипомикроэлементозах у коров-матерей в хозяйствах белгородской области // В.В. Дронов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4 (48). – С. 64-69.
42. Дункель, З. Применяем аминокислотные хелаты органические цинк и марганец в рационах высокоудойных коров / З. Дункель, Х. Клуге, Й. Шпильке [и др.] // Животноводство России. – 2016. – № 10. – С. 58–60.
43. Дускаев, Г.К. Результаты исследований по переваримости *in vitro* и *in situ* создаваемых кормовых добавок / Г.К. Дускаев, Г.И. Левахин, Б.С. Нуржанов, А.Ф. Рысаев, А.Г. Мещеряков // Вестник мясного скотоводства. – 2016. – № 4 (96). – С. 126-131.
44. Евглевская, Е.П. Инновационные разработки для профилактики экономически значимых болезней высокопродуктивных животных в промышленном животноводстве / Е.П. Евглевская, А.А. Евглевский // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 1. – С. 53-57.
45. Ерыженская, Н.Ф. Коррекция метаболизма коров в сложные физиологические периоды / Н.Ф. Ерыженская // В сборнике: Научное обеспечение безопасности и качества продукции животноводства Сборник статей по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Под общей редакцией С.Ф. Сухановой. – 2018. – С. 41-44.
46. Желтов, В.А. Техногенные загрязнители окружающей среды – реальная опасность для животноводства России / В.А. Желтов // Проблемы экотоксикологического, радиационного и эпизоотологического мониторинга: мат. Всероссийской научно-практической конференции, 14–15 апр. 2005 г. – Казань. – 2005. – С. 81–86.

47. Зайналабдиева, Х.М. Мясная продуктивность, морфологический и химический состав туш бычков в период доращивания при скармливании им микроэлементов / Х.М. Зайналабдиева, Д.Л. Арсанукаев, Л.В. Алексеева [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 5. – С. 66–67.
48. Зеленовский, К.Н. Ветеринарно-санитарная экспертиза мяса коз зааненской породы / К.Н. Зеленовский // Иппология и ветеринария. – 2011. – № 2. – С. 123-125.
49. Иванова, А.С. Влияние органических микроэлементов на молочную продуктивность высокопродуктивных коров / А.С. Иванова // В сборнике: Инновационное развитие АПК Северного Зауралья. Сборник материалов региональной научно-практической конференции молодых ученых. Министерство сельского хозяйства РФ, Государственный аграрный университет Северного Зауралья. – 2013. – С. 301-305.
50. Иванова, А.С. Использование биоплексов цинка и меди в кормлении высокопродуктивных коров в период раздоя / А.С. Иванова // Агропродовольственная политика России. – 2017. – № 12 (72). – С. 84-87.
51. Ивашенко, А.Ю. Значение микроэлементов в повышении резистентности и продуктивности животных / А.Ю. Ивашенко, Е.А. Яценко // Young Science. – 2014. – Т. 1. – № 3. – С. 24-26.
52. Илларионова, Е.А. Химико-токсикологический анализ тяжелых металлов: Е.А. Илларионова, И.П. Сыроватский; Иркутск : ИГМУ, 2016.-58с.
53. Исмагилова, Э.Р. Связь содержания микроэлементов в биогеоценотической цепи "почва - корм" и прогноз микроэлементного состава кормов в почве / Э.Р. Исмагилова, В.Н. Байматов // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2012. – № 2 (6). – С. 23-27.
54. Кавтарашвили, А.Ш. Производство функциональных яиц. Сообщение 2. Роль селена, цинка и йода / А.Ш. Кавтарашвили, И.Л. Стефанова, В.С. Свиткин, Е.Н. Новоторов // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52. – № 4. – С. 700-715.

55. Кадырова, Р.Г. Биологические свойства кобальта. Новый способ получения аскорбината кобальта / Р.Г. Кадырова, Г.Ф. Кабиров, Р.Р. Муллахметов // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2017. – Т. 229. – № 1. – С. 55-58.
56. Казарян Р.В. Инновационный кормовой концентрат и эффективность его применения при откорме бычков / Р.В. Казарян, А.С. Бородихин, А.А. Фабрицкая, А.Д. Ачмиз, М.В. Лукьяненко, А.Н. Матвиенко, П.В. Мирошниченко, Е.В. Кузьминова, М.П. Семененко // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. – 2018. – Т. 15. – С. 180-186.
57. Калоев, Б.С. Накопление и распределение тяжелых металлов в растениях в условиях естественного геохимического фона / Б.С. Калоев, Э.И. Кумсиев // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2014. – Т. 51. – № 3. – С. 97-102.
58. Карпенко, Л.Ю. Возрастная динамика содержания микроэлементов в волосяном покрове лошадей / Л.Ю. Карпенко, А.И. Енукашвили, А.Б. Андреева // Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2014. – № 3 (49). – С. 196-197.
59. Карпенко, Л.Ю. Минеральный состав крови коров в разные сезоны года и под влиянием минерально-кормовой добавки "Хелавит" / Л.Ю. Карпенко, А.А. Карпенко, А.И. Енукашвили, В.Б. Галецкий // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2012. – № 2. – С. 76-80.
60. Карпуть, В.А. Использование биологически активных препаратов для иммунокоррекции организма телят / В.А. Карпуть // Зоотехническая наука Беларуси. – 2012. – Т. 47. – № 1. – С. 259-263.
61. Касьянов, Г.И. Комплекс микроэлементов "Микровит" в кормах для животных / Г.И. Касьянов, Г.М. Рашидова, А.Ю. Мишанин // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". – 2017. – № 5. – С. 152-162.

62. Кирейчева, Л.В. К вопросу фиторемедиации почв, загрязненных комплексом тяжелых металлов / Л.В. Кирейчева, А.В. Ильинский, В.М. Яшин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2016. – № 4. – С. 8-13.
63. Ковалёнок, Ю.К. Липидная пероксидация при микроэлементозах у бычков на откорме / Ю. К. Ковалёнок // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2012. – Т. 209. – С. 170-175.
64. Ковзов, В.В. Сравнительная профилактическая эффективность ветеринарных препаратов "Феролекс в12" и "Феррум 10%+в12" / В.В. Ковзов // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. – 2014. – Т. 50. – № 2-1. – С. 154-158.
65. Кожемяка, Н.В. Профилактика и лечение основных незаразных болезней алиментарного происхождения / Н.В. Кожемяка // Эффективное животноводство. – 2016. – № 2 (123). – С. 12-16.
66. Козырь, В.С. Уровень микроэлементов в крови коров при использовании различных премиксов / В.С. Козырь // Вестник АПК Ставрополя. – 2015. – № 2 (18). – С. 135–139.
67. Колосова, И.И. Влияние ацетата свинца, солей тяжелых металлов на репродуктивную функцию / И.И. Колосова // Вестник проблем биологии и медицины. – 2013. – Т. 2. – № 3 (103). – С. 13–18.
68. Комиссаров, И.М. Применение макро- и микроэлементов, растительных адаптогенов у высокопродуктивных коров / И.М. Комиссаров, В.П. Политов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4 (53). – С. 144-148.
69. Комкова, Е.А. Экономическая эффективность скармливания микроэлементов в составе рациона выращиваемых телят / Е.А. Комкова, П.М. Науменко, Д.Л. Арсанукаев, Х.М. Зайналабдиева // Вестник Курской ГСА. – №4. – 2013. – С. 60-63.

70. Корочкина, Е.А. Влияние микроэлементов цинка, кобальта, йода, селена, марганца, меди на здоровье и продуктивные качества животных / Е.А. Корочкина // Генетика и разведение животных. – 2016. – № 3. – С. 69-73.
71. Костомахин, Н.М. Влияние биоплексов цинка и меди на морфологические и биохимические показатели крови и молочную продуктивность коров / Н.М. Костомахин, А.С. Иванова // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2019. – № 6. – С. 23-28.
72. Коцаева, О.С. Роль органических микроэлементов в кормлении животных / О.С. Коцаева // В сборнике: приоритетные векторы развития промышленности и сельского хозяйства. Материалы международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 100-105.
73. Коэльман, Э. Глицинаты b-traxim® 2с улучшат здоровье свиноматок и поросят / Э. Коэльман // Свиноводство. – 2016. – № 3. – С. 34-35.
74. Кравцова, О.А. Влияние препарата "селерол" в комплексе с солями микроэлементов на морфологические показатели крови и массу тела кроликов / О.А. Кравцова // Аграрный вестник Урала. – 2013. – № 3 (109). – С. 24-26.
75. Кравцова, О.А. Коррекция процессов перекисного окисления липидов в организме коров в условиях биогеохимической провинции Южного Урала / О.А. Кравцова // АПК России. 2017. – Т. 24. – № 1. – С. 69-73
76. Красочко, П.А. Кормовая добавка с пробиотиком "Муцинол" в рационе телят / П.А. Красочко, И.В. Новожилова // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2018. – № 4. – С. 42-45.
77. Кряжева, В. Обмен кобальта у коров при подкормке синтетическим метионином / В. Кряжева // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2006. – № 9. – С. 27–28.
78. Кузьменкова, С.Н. Коррекция обменных нарушений у быков-производителей в условиях витаминно-минеральной недостаточности / С.Н. Кузьменкова, В.В. Ковзов, Л.В. Волков // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. – 2015. – Т. 51. – № 1-1. – С. 66-70.

79. Кузьмина, И.Ю. Влияние кормовой добавки из стланика, лишайников и микроэлементов на продуктивность крупного рогатого скота в магаданской области / И.Ю. Кузьмина // Молочное и мясное скотоводство. –2017. – № 6. – С. 25-29.
80. Куликов А.Н. Изучение местно-раздражающего действия на кожу хелатных соединений Co, Fe, Cu, Zn, Mn с глицином и их неорганических солей / А.Н. Куликов, А.В. Шишкин, И.С. Иванов, Куликова М.С. // В сборнике: Аграрная наука - сельскохозяйственному производству материалы Международной научно-практической конференции: в 3 томах. Ижевская ГСХА – 2019. – С. 115-117.
81. Куликов А.Н., Оценка некоторых биохимических и гематологических показателей телят при введении соединений Cu, Fe, Mn, Zn, Co по схеме, уменьшающей антагонистическое влияние данных микроэлементов / А.В. Шишкин, И.С. Иванов, М.С. Куликова // В сборнике: Актуальные вопросы зооветеринарной науки. материалы Всероссийской научно-практической конференции, – 2019. – С. 46-50.
82. Куликов, А.Н. Дефицит комплекса микроэлементов в организме животных и их коррекция: дис.канд. вет.наук: 06.02.03. – Ижевск. гос. академия, Ижевск. 2018-152с.
83. Куликов, А.Н. Получение хелатных комплексных соединений железа, меди, цинка, кобальта, марганца с глицином / А.Н. Куликов, А.В. Шишкин, Т.Р. Галлямова, М.С. Куликова // В сборнике: Интеграционные взаимодействия молодых ученых в развитии аграрной науки. Материалы Национальной научно-практической конференции молодых ученых. В 3 томах. – 2020. – С. 407-410.
84. Куликова М.С. Сравнение токсичности растворов сульфатов меди и цинка и растворов различных хелатных комплексных соединений данных микроэлементов / М.С. Куликова, А.В. Шишкин, А.Н. Куликов, Е.А. Михеева, И.С. Иванов // В сборнике: Современная ветеринарная наука: теория и практика. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной

- 20-летию факультета ветеринарной медицины Ижевской ГСХА. Ижевск. – 2020. – С. 79-83.
85. Куликова, М.С. Изучение гематологических и биохимических показателей крови телят при коррекции гипомикроэлементозов с помощью минеральных солей и хелатных комплексов Fe, Mn, Co, Zn, Cu / М.С. Куликова, А.В. Шишкин, А.Н. Куликов, Ю.Г. Крысенко, И.С. Иванов // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 3 (56). – С. 44-49.
86. Кучинский, М. Витамины и минералы в рационах / М. Кучинский // Животноводство России. – 2017. – № S1. – С. 43-46.
87. Кучинский, М.П. Биоэлементы – фактор здоровья и продуктивности животных: монография / М.П. Кучинский. – Минск: Бизнесофсет, 2007. – 372 с.
88. Ладанова, М.А. Содержание цинка в сыворотке крови при специфической язве подошвы у коров / М.А. Ладанова, А.А. Стекольников // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2015. – № 2. – С. 405-409.
89. Ламанд, Г. Недостаток микроэлементов в кормлении телят \ Г. Ламанд // Farm Animals. – 2013. – № 3-4. – С. 84-90.
90. Ландвер, Б. Оптимизация потребности в микроэлементах с помощью глицинатов / Б. Ландвер // Животноводство России. – 2018. – № 2. – С. 14-16.
91. Ландвер, Б. Оптимизация потребности в микроэлементах с помощью глицинатов / Б. Ландвер // Животноводство России. – 2018. – № 2. – С. 14–16.
92. Лебедев, В.В. Ценность жидкой комплексной микроэлементной добавки и модернизация процесса получения комбикорма с ее участием / В.В. Лебедев, Г.Ю. Рабинович // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Химия. – 2015. – № 1. – С. 39-47.
93. Литвиненко, Н.В. Влияние витаминно-минерального премикса на молочную продуктивность коров в период раздоя / Н.В. Литвиненко, Е.В. Левцова // В сборнике: Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития Материалы всероссийской научно-практической конференции. В 2-х частях. – 2018. – С. 249-251.

94. Луганова, С.Г. Связь концентрации микроэлементов в пастбищных экосистемах Дагестана с заболеваемостью овец эндемическим зобом / С.Г. Луганова, Г.И. Гиреев, Ш.К. Салихов // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2008. – № 3 (4). – С. 77-82.
95. Магомедалиев, А.З. Обеспеченность почв пастбищных угодий учебного хозяйства ДГСХА микроэлементами / А.З. Магомедалиев, Ш.К. Салихов, М.А. Яхияев // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. – 2015. – № 65. – С. 108-110.
96. Макарова, М.Н. Питание лабораторных животных. Признаки дефицита и избытка минеральных соединений. Сообщение 3 / М.Н. Макарова, В.Г. Макаров А.В. Рыбакова // Международный вестник ветеринарии. – 2017. – № 4. – С. 110-116.
97. Маннер, К. Биодоступность микроэлементов из хелатов / К. Маннер, Х. Хундхаузен // Животноводство России. – 2016. – № S2. – С. 67–68.
98. Машкина Е.И. Влияние витаминно-минерального питания на гематологические показатели крови телят-молочников / Е.И. Машкина, Е.С. Степаненко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 1 (159). – С. 113-115.
99. Медведева, Т.В. Антимикробная активность фторидсодержащих препаратов различной концентрации / Т.В. Медведева, П.Е. Фаткина, А.Г. Махмудова, А.М. Шломина // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2013. – Т. 3. – № 2. – С. 363.
100. Мерзлякова О.Г. Эффективность использования в комбикормах перепелов хелатных комплексов микроэлементов / О.Г. Мерзлякова, В.А. Рогачёв, В.Г. Чегодаев, В.И. Филатов, В.А. Солошенко, В.Л. Петухов // Достижения науки и техники АПК. – 2016. Т. 30. – № 6. С. 86-92.
101. Невар, А.А. Влияние скармливания различных доз микроэлементов на переваримость и использование питательных веществ корма племенными

- бычками / А.А. Невар // Зоотехническая наука Беларуси. –2007. – Т. 42. – С. 333-338.
102. Недостаточность кобальта. [Электронный ресурс] URL: <https://vetvo.ru/nedostatocnost-kobalta.html>. Ветеринарная служба Владимирской области © www.vetvo.ru
103. Никитенко, М.А. Влияние урбанизации на трансформацию почвенного покрова и древесных растений городов среднего Предуралья (на примере условия функционирования г. Сарапула и г. Камбарки): дис. канд. биолог. наук: 03.00.16. – Ижевск. удм. гос. университет. 2007
104. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справочное пособие / Под ред. А.П. Калашникова, В.И. Фисинина, В.В. Щеглова [и др.]. – 3-е изд. Перераб. И доп. – М., 2003. – 456 с.
105. Органическая химия. Специальный курс (книга 2) / Под ред. Н.А. Тюкавкиной. – М.: Дрофа. – 2008. – 592 с.
106. Органический микроэлементный комплекс в рационах телят / В.П. Цай, Л.В. Волков, Г.Н. Радчикова [и др.] // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена „Знак Почета“ государственная академия ветеринарной медицины». – 2015. – Т. 51. – № 1-2. – С. 115–121.
107. Отравление животных солями меди. [Электронный ресурс] URL: <https://vetvo.ru/otravlenie-zhivotnyx-solyami-medi.html> Ветеринарная служба Владимирской области © www.vetvo
108. Отравления животных соединениями цинка [Электронный ресурс] URL: <https://helpiks.org/9-33961.html>
109. Патиева, С.В. Добавки солей металлов и пробиотиков в рацион животных снижают негативное влияние на мясное сырье кормов, поражённых плесенью хранения / С.В. Патиева, Н.Н. Забашта, Е.Н. Головки // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 111. – С. 1145-1157.
110. Плахов, Г.А. Особенности миграции тяжелых металлов в почвах Ростова-на-Дону / Г.А. Плахов, К.С. Титаренко // В сборнике: Экологические проблемы

- развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности сборник статей по материалам Международной научной экологической конференции. – 2018. – С. 496-498.
111. Покровская, М.В. Биохимические показатели минерального обмена у высокопродуктивных молочных коров / М.В. Покровская, И.В. Гусев, Р.А. Рыков // Молочное и мясное скотоводство. – 2014. – № 8. – С. 30-32
112. Попова, О.М. Микотоксикозы животных на фоне нарушенного минерального обмена / О.М. Попова // В сборнике: главные эпизоотологические параметры популяции животных. Сборник научных трудов ФГБОУ ВПО НГСХА, представленных на 2-й сессии Международной научно-практической конференции. Под редакцией В.В. Сочнева. – 2015. – С. 444-452.
113. Потапова, Е.А. Микроэлементозы сельскохозяйственных животных в условиях аэротехногенной нагрузки / Е.А. Потапова, К.С. Ворожцова, Е.Н. Беспамятных // Молодежь и наука. – 2017. – № 3. – С. 45.
114. Правила ветеринарного осмотра, убойных животных и ветеринарно-санитарной экспертизы мяса и мясных продуктов. «Агропромиздат» 1988.
115. Пчельников, Д.В. Влияние хелатных соединений микроэлементов на морфологический состав лейкоцитов сельскохозяйственных животных / Д.В. Пчельников // Ветеринарная патология. – 2005. – № 2 (13). – С. 47-48.
116. Разумовский, Н. Минеральное питание жвачных / Н. Разумовский, Д. Соболев // Животноводство России. – 2018. – № 11. – С. 31-33.
117. Ратошный, А.Н. Выращивание кроликов с целью получения экологически чистого мяса / А.Н. Ратошный, А.В. Черненко // Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства. – 2017. – Т. 6. – № 2. – С. 244-248.
118. Рыбакова, А.В., Макарова М.Н. Методы эвтаназии лабораторных животных в соответствии с Европейской директивой 2010/63. Международный вестник ветеринарии. – 2015. – 2: 96–107.

119. Рыбакова, Г.В. Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами / Г.В. Рыбакова, Н.С. Батова // Современные концепции научных исследований: материалы IV Международной научно-практической конференции / Нижегородский филиал МИИТ; под редакцией Н.В. Пшениснова. – Нижний Новгород. – 2015. – С. 237–239.
120. Рыжов, А.А. Микроэлементный премикс Хелавит® результаты перспективы / А.А. Рыжов // Farm Animals. – 2015. – № 1 (8). – С. 39-40.
121. Салаутин, В.В. Морфология тонкого кишечника подсвинков при добавлении комплекса минералов / В.В. Салаутин, А.П. Коробов, И.В. Зирук, Е.О. Четкина, М.П. Симонова, О.В. Федотова Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2013. – Т. 214. – С. 362-365.
122. Самсонович, В.А. Особенности содержания отдельных макро и микроэлементов у свиней при выращивании на крупных промышленных комплексах / В.А. Самсонович, Н.С. Мотузко, Е.Н. Кудрявцева // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. – 2012. – Т. 48. – № 1. – С. 140-142.
123. Саноцкий, И.В. Методы определения токсичности и опасности химических веществ (токсикометрия) М.: Медицина. – 1970. - 347 с.
124. Сатюкова, Л.П. Влияние макро- и микроэлементов на процессы обмена веществ в организме птицы / Л.П. Сатюкова, И.Р. Смирнова // Ветеринария. – 2014. – № 1. – С. 43-47.
125. Сачук, Р.М. Диагностика метаболических нарушений в организме коров в период сухостоя / Р.М. Сачук, С.В. Жыгалюк, Я.С. Стравский, П.А. Никитинский, О.А. Кацараба // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. – 2019. – Т. 55. – № 1. – С. 85-88.
126. Свечникова, А.А. Закономерности аккумуляции валовых и подвижных форм микроэлементов в почвах астраханской области / А.А. Свечникова // Естественные науки. – 2013. – № 1 (42). – С. 023-028.

127. Сизова, Е.А. Сравнительные испытания ультрадисперсного сплава, солей и органических форм Cu и Zn как источников микроэлементов в кормлении цыплят-бройлеров / Е.А. Сизова, С.А. Мирошников, С.В. Лебедев, Ю.И. Левахин, И.А. Бабичева, В.И. Косилов // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т. 53. – № 2. – С. 393-403.
128. Сизова, Е.А. О перспективности нанопрепаратов на основе сплавов микроэлементов-антагонистов (на примере Fe и Co) / Е.А. Сизова, С.А. Мирошников, С.В. Лебедев, А.В. Кудашева, Н.И. Рябов // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т. 51. – № 4. – С. 553-562.
129. Синдирева, А.В. Взаимодействие никеля с микроэлементами в растениях овощных и кормовых культур / А.В. Синдирева, Е.А. Скудаева // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2014. – № 1 (13). – С. 31-36.
130. Согорин, С.А. Влияние скармливания микроминерального премикса на молочную продуктивность лактирующих коров в условиях КФХ "орта" белогорского района амурской области / С.А. Согорин, А.С. Малышев // В сборнике: Проблемы зоотехнии, ветеринарии и биологии животных на дальнем востоке. Сборник научных трудов. отв. ред.: В.А. Гоголов. Благовещенск. – 2018. – С. 84-89.
131. Содержание лабораторных животных в вивариях научно-исследовательских институтов и учебных заведений: методические рекомендации / П.Н. Виноградов, С.С. Шевченко, О.Л. Седов [и др.]. – М.: Министерство сельского хозяйства РФ, 2009. – 27 с.
132. Спицына, С.Ф. Проявление синергизма и антагонизма между ионами меди, цинка и марганца при поступлении их в растения / С.Ф. Спицына, А.А. Томаровский, Г.В. Оствальд // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 10 (120). – С. 29-32.
133. Стекольников, А.А. Экологические аспекты применения минерально-кормовой добавки хелавит для повышения качества молока коров / А.А.

- Стекольников, Л.Ю. Карпенко // Эффективное животноводство. – 2019. – № 1 (149). – С. 16-17.
134. Тераевич, А.С. Обогащение биоэлементами группы цинка и меди рационов крс / А.С. Тераевич, И.С. Полянская, И.А. Серебряков // Science Time. – 2016. – № 1 (25). – С. 491-495.
135. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (утверждён решением комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года N 880). Москва, - 2011.
136. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 034/2013 "О безопасности мяса и мясной продукции" утверждён решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 года № 68.
137. Трошин, А.А. Ветеринарно-санитарная экспертиза продукции животноводства после применения ферропрепаратов / А.А. Трошин, А.Х. Шантыз, А.Н. Трошин // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – 2014. – Т. 3. – № 7. – С. 476-479.
138. Усачев, И.И. Проблемы и перспективы фармакокоррекции нарушения минерального обмена у животных, выращиваемых по интенсивным технологиям / И.И. Усачев, В.А. Стрельцов // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 4 (74). – С. 34-38.
139. Усманова, Н.П. Влияние кормления животных на их здоровье и продуктивность /Н.П. Усманова, Д.В. Туз, А.Р. Мацерушка, В.Р. Артюхова // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2015. – № 2. – С. 153-155.
140. Ушаков, А.С. Содержание марганца в организме бычков в зависимости от поступления с рационом различных доз микроэлементов / А.С. Ушаков, И.Ф. Драганов, Л.В. Алексеева // Зоотехния. – 2013. – № 2. –С. 16-18.
141. Фидаров, А.Т. Раздельное и сочетанное влияние тяжёлых металлов на иммунный статус белых крыс / А.Т. Фидаров, П.Х. Годизов // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2014. – Т. 51. – № 4. С. – 175-180.

142. Филиппова, О.Б. Коррекция витаминно-минерального питания коров в начале лактации / О.Б. Филиппова, Е.Ф. Саранчина, А.С. Краснослободцева // Наука в центральной России. – 2017. – № 3 (27). – С. 65-71.
143. Филиппова, О.Б. Коррекция витаминно-минерального питания коров в начале лактации / О.Б. Филиппова, Е.Ф. Саранчина, А.С. Краснослободцева // Наука в центральной России. – 2017. – № 3 (27). – С. 65-71.
144. Фролов, А.В. Ветеринарно-санитарная оценка качества молока при включении в рацион кормления коров биологически активной добавки "Гумифит"/ А.В. Фролов // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2010. – Т. 204. – С. 306-310.
145. Хильдебранд, Б. Какой цинк лучше усваивается? / Б. Хильдебранд // Животноводство России. –2017. – № 2. – С. 62-64.
146. Хильдебренд, Б. Когда микроэлементов нужно больше / Б. Хильдебренд // Животноводство России. – 2016. – № 6. – С. 19-20.
147. Хлюпин, И.В. Динамика минерального обмена у бычков при применении кормовой добавки амиго / И.В. Хлюпин, Р.Р. Фаткуллин // Известия оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 1 (57). – С. 187-189.
148. Ходыков, В.П. Микроэлемент марганец в рационах суягных овцематок в условиях аридной зоны / В.П. Ходыков // В сборнике: Актуальные проблемы производства и переработки продукции животноводства. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. – 2010. – С. 351-354.
149. Хомин, М.М. Влияние цитратов хрома, селена, кобальта и цинка на биологическую ценность молока и продуктивность коров / М.М. Хомин, Р.С. Федорук, С.Й. Кропивка, М.И. Храбко // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. – 2014. – Т. 16. – № 2-2 (59). – С. 338-344.

150. Хугаев, Г.И. Влияние солей микроэлементов на технологические свойства шерсти / Г.И. Хугаев, Р.Д. Бестаева // В сборнике: Вестник научных трудов молодых учёных, аспирантов, магистрантов и студентов ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет». ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет»; Главный редактор: Темираев В.Х. Владикавказ. –2018. – С. 280-283.
151. Худякова, В.В. Применение хелатных соединений в животноводстве / В.В. Худякова // В сборнике: научные исследования и разработки к внедрению в АПК. Материалы региональной научно-практической конференции молодых учёных. – 2016. – С. 183-189.
152. Чысыма, Р.Б. Тяжелые металлы в почвах и кормах республики Тыва / Р.Б. Чысыма, Е.Е. Кузьмина // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. – 2010. – № 3. – С. 260–262.
153. Шагалиев, Ф. Минеральное питание жвачных / Ф. Шагалиев, Д. Шамсутдинов, С. Ардаширов // Животноводство России. – 2018. – № 6. – С. 45-46.
154. Шишкин, А.В. Новый подход к созданию кормовых добавок на основе хелатных комплексных соединений металлов-микроэлементов /А.В. Шишкин, А.Н. Куликов, М.С. Куликова, Е.А. Михеева, Т.Р. Галлямова // В сборнике: Аграрное образование и наука - в развитии животноводства. Материалы международной научно-практической конференции. В 2-х томах. – 2020. – С. 228-230.
155. Шишкин, А.В. Проблемы, связанные с применением соединений металлов-микроэлементов в составе кормовых добавок, и возможные пути их решения / А.В. Шишкин, М.С. Куликова, А.Н. Куликов, Т.Р. Галлямова, И.С. Иванов // в сборнике: Интеграционные взаимодействия молодых ученых в развитии аграрной науки. Материалы национальной научно-практической конференции молодых ученых. в 3 томах. – 2020. – С. 448-452.
156. Шленкина, Т.М. Изменение содержания микроэлементов в костной ткани свиней под воздействием минеральных добавок /

- Т.М. Шленкина, Н.А. Любин, И.И. Стеценко // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 2 (22). – С. 43-47.
157. Шувалова Л. А., Бурдов Н. Г. Зоогигиена с основами проектирования животноводческих объектов. Нормативные и справочные материалы: учеб.-метод. пособие для студентов зооинж. фак. и фак. ветеринар. медицины, обучающихся по специальностям «Зоотехния» и «Ветеринария» очной и заочной формы обучения. - Ижевск: ФГОУ ВПО Ижев. ГСХА, 2009. - 156 с.
158. Ярославцева, О.Д. Марганец и его нейротоксическое действие на живые организмы (обзор) / О.Д. Ярославцева // Материалы XIII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» [Электронный ресурс]URL: <https://scienceforum.ru/2021/article/2018024366>.
159. Яушева, Е.В. Использование наночастиц металлов-микроэлементов в животноводстве: перспективы и угрозы (обзор) / Е.В. Яушева // Вестник мясного скотоводства. – 2013. – № 3 (81). – С. 7-11.
160. Aiba Hiroi, Copper (II)-komplexes of histidine and its related compound in aqueous solutions II Bull / Yokojama Akima, Tamaka Hisashi // Chem. Soc. Jap, 1974, -47, N 4. -P. 1003-1007.
161. Arosio, P. The importance of eukaryotic ferritins in iron handling and cytoprotection / Arosio, P. Carmona, F., Gozzelino, R., Maccarinelli, F., Poli, M. // Biochem. J. – 2015. – 472 (1). P. 1–15 (doi: 10.1042/BJ20150787).
162. Ashmed, S.D. The chemistry of ferrous bis-glycinate chelate // Arch. Latino Am. De Nutr. – 2001. – V. 51 (1). – P. 7–12.
163. Aslam, M.F. Ferroportin mediates the intestinal absorption of iron from a nanoparticulate ferritin core mimetic in mice / Frazer, D.M., Faria, N., Bruggraber, S.F., Wilkins, S.J., Mirciov, C., Powell, J.J., Anderson, G.J., Pereira, D.I. // FASEB J. – 2014. – 28 (8). – P. 3671–3678 (doi: 10.1096/fj.14-251520).
164. Atkins, P.W. Berau J.A., 1992 General Chemistry 2-nd ed. Scientific American Books, WH Freeman New York; Coplin et al., Tolerability of Iron: a comparison of bisglycinoiron (II) and ferrous sulphate, Clinical Therapeutics, vol. 13, no. 3, 606-612, 1991).

165. Braude, R. Copper in diets for growing pigs / R. Braude, Z.D. Hosking // J. agr. Sc. – 1982. Vol. 99. P. 365 – 371.
166. Brown D.H. Copper distrobution and reactivity inserum following administration of cuprous oxide to rats and quines pigs / D.H. Brown II Agents and Actions, 1979, - 9, N 5-6. -P. 575-580.
167. Burny, A. La recherché en production de viande bovine: present et perspectives / A. Burny // Elevages belges.- 2006.-№7.- P.27-29
168. Coleman, S.W. Bodu and carcass composition of angus and charolais steers as affected by ade and nutrition / S.W. Coleman // I. Anim. Sc.-2006.-Vol. 71, №1.- P.86-95.
169. Fairweather-Tait, S.J. Bioavailability of dietary minerals / S.J. FairweatherTait // Biochem. Soc. Trans., 1996. – 24: p. 775-780.
170. Fedyaev, Ju. I. Iron content in soil, water, fodder, grain, organs and muscular tissues in cattle of Western Siberia (Russia) / K.N. Narozhnykh, T.V. Konovalova, Ju.I. Fedyaev [et al.] // Indian Journal of Ecology. – 2017. – Vol. 44 (2). – P. 217–220.
171. Fox, J.G. Nutrition of the Ferret // John Wiley & Sons. –2014. –P. 123-143.
172. Harris E.D. Cellular copper transport and metabolism II Annu. Rev. Nutr. Vol 20. -Palo Alto (Calif), 2000. -P. 291-310.
173. Harris E.D. Cellular copper transport and metabolism II Annu. Rev. Nutr. Vol 20. -Palo Alto (Calif), 2000. -P. 291-310.
174. Hashmi, N.S. Interrelationship between iron deficiency and lead intoxication. Part 1 / N.S. Hashmi, D.N. Kachru, S.K. Tandon // Biological Trace Element Research. – 1989. – Vol. 22. – № 3. – P. 287–297.
175. Jeppsen R. B., Toxicology and safety of Ferrochel and other iron amino acids chelates, Arch. Latino Am. De Nutr., 2001, 51 (1), 26-34
176. Kadhim, M.S., Jassim Al-Dulaimi, D.H. Effect of season on blood mineralis in Iraqi bull buffalo / AL-Qadisiya // Journal of Vet. Med. Sci. – 2015. – Vol. 14. – N 2. – P. 11–14.

177. Kellogg, D.W. Zinc methionine affects performance of lactating cows / D.W. Kellogg // *Feedstuffs* 62. – 1990. – P. 15.
178. Knazicka, Z. Assessment of copper content in semen and its effect on the spermatozoa motility / Z. Knazicka, J. Lukacova, A. Gren [et al.] // *Contemporary agriculture*. – 2014. – Vol. 63. – N 1-2. – P. 1–12.
179. Koury M.J., Bondurant M.C. The molecular mechanism of erythropoietin action II *EurJ.Biochem*. -1992. -210, N 3. -P. 649-663.
180. Marchetti M., *J. Food Comp. Anal.*, 2001, 13, 875-884.
181. Mc. Cay P.B. Vitamin E: in teractions with free radicals and ascorpate. // *Ahhu. Rev. Nutr.*, 1985, 5, 323 340.
182. Morgan, I. The Nutrition of Artificially reareg Lams / I. Morgan, I. Wen // *Anim. Brood*. - 1993.- P.16-19.
183. Mutetikka, D.B. Effect of pasture, confinement, and diet fortification with vitamin E and Selenium on reproducing gilts and their progeny / D.B. Mutetikka, D.C. Mahan // *J. Anim.Sci*. - 1993. - vol. 71. – N 12. - P. 3211-3218.
184. Narozhnykh, K.N. Cadmium accumulation in soil, water, fodder, grain, organs and muscular tissues in cattle of Western Siberia (Russia) / K.N. Narozhnykh, T.V. Konovalova, V.L. Petukhov [et al.] // *Indian Journal of Advanced Biotechnology and Reserch (IJBR)*. – 2016. – Vol. 7. – P. 1758–1764.
185. Nemmar, A. Ultrasmall superparamagnetic iron oxide nanoparticles acutely promote thrombosis and cardiac oxidative stress and DNA damage in mice / Beegam, S., Yuvaraju, P., Yasin, J., Tariq, S., Attoub, S., Ali, B.H.// *Part. Fibre Toxicol*. – 2016. – Apr 30, 13(1). – P. 22 (doi: 10.1186/s12989-016-0132-x).
186. O'Dell Boyd, L. Mineral interactions relevant to nutrient requirements II *J. // Nutr*. – 1989. – V. 119. – N 128. – P. 1832–1838.
187. Palumbo M. Metal complexes of poly (a-amino acids). A potentiometric and circular dichroism investigate of Cu (II) complexes of poly(L-lysine), poIy(L-ornitine), and poIy(I-diaminobutyricacid) / M. Palumbo, A. Cosani, M. Terbojevich, E. Eggion/ // *II Macromolecules*. -1977.-10, N 4. -P. 813-820.

188. Prasad A.S. A century of research on the metabolic role of zinc II Amer. J. Clin. Nutr., 1969, -22, N9.-P. 1215-1221.
189. Roeder, P.L. Effect of copper and cobalt treatment of cattle in the Ethiopian rift valley / P.L. Roeder // Trop. Anim. Health Product. – 1980. – vol.12. - №2. – p.63-68.
190. Roskopf, W.J. Pevt avion conditions and syndromes of the most frequently presented species seen in practice / W.J. Roskopf, R.W. Woerpel // Veterinary Clinics of North America, Small Animal Practice. – 1991. - №21(6). – p.1189 – 1211.
191. Saxena, K.K. Effect of cobalt and copper supplementation on the ruminal pH, total nitrogen, ammonia and TVFA concentration in Haryana calves / K.K. Saxena, S.K. Ranjhan // Indian. J. anim. Sci. – 1980. – v.50. - №1. – p.21-25.
192. Saxena, K.K. Effect of cobalt and copper supplementation on the ruminal pH, total nitrogen, ammonia and TVFA concentration in Haryana calves / K.K. Saxena, S.K. Ranjhan // Indian. J. anim. Sci. – 1980. – v.50. - №1. – p.21-25.
193. Seo, Y., Satoh, K., Watanabe, K., Morita, H., Takamata, A., Ogino, T., Murakami, M. Mn-bicine: a low-affinity chelate for manganese ion enhanced MRI // Magnetic Resonance in Medicine. – 2011. – 65 (4). – P. 1005–1012.
194. Sissoeff G. Studies of metal ions-DNA sequences II Prop / G. Sissoeff, J. Grisvard, E. Guisella // Biophys. and Moï. Biol., 1976, -31, N 2. -P. 165-199.
195. Stagsted, J. Dietary supplementation with organic selenium (Sel-Plex) alters oxidation in raw and pasteurized milk / J. Stagsted, T. Hoac, B. Akesson, J.H. Nielsen // Proc. Alltech's 21st Ann. Symp. "Nutritional Biotechnology in Feed and Food Industries" – Nottingham-Univ. Press. – 2005. – p.249-257.
196. Syso, A.I. Ecological and biochemical evaluation of elements contents in soils and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia/ A.I. Syso, V.A. Sokolov, V.L. Petukhov [et al.] // J. Pharm. Sci. And Res. – 2017. – Vol. 9(4). – P. 368–374.
197. Trucksess, M.W. Mycotoxins in Foods, in Encyclopedia of Environmental Health / M.W. Trucksess, C. Diaz-Amigo. — Jerome, 2011. — P. 888-897.
198. Vieira, S.L. Chelated Minerals for Poultry / S.L. Vieira // Brazilian Journal of Poultry Science. – 2008. – № 2. – P. 73–76.

199. Whitaker, D.A. A field trial to assess the effects of copper glycinate injections in fertility in dairy cows/ D.A. Whitaker – Brit. Vet. J. – 1982. – v.138. – №1. – p.40-44.
200. Williams, R.B. Proc. 1st Internat. Sympos. Trace Element Metal. Anim. Livingstone / R.B. Williams, J.K. Chesters // – Edinburgh– 1970. – p.64
201. Yoshikawa, T. The antioxidant properties of a novel zinc-carnosine chelate compound, N-3- (aminopropionyl)-L-histidinato zinc / T. Yoshikawa, Y. Naito, T. Yonete, M. Kondo // Biochem. BioPhys. Acta, 1995, -13, N 14. – P. 15-22.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1.**УТВЕРЖДАЮ**

ректор Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Ижевская государственная
сельскохозяйственная академия»



 Брачихин А. А.

« 22 » 09 2021 г.

АКТ

о внедрении результатов кандидатской диссертации Куликовой М.С. в учебный процесс

Мы, ниже подписавшиеся проректор по образовательной и воспитательной деятельности, доктор сельскохозяйственных наук, профессор Воробьева Светлана Леонидовна; декан факультета ветеринарной медицины, кандидат биологических наук, доцент Иванов Иван Семенович; заведующий кафедрой эпизоотологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, кандидат ветеринарных наук, доцент Максимова Елена Вениаминовна; профессор, доктор ветеринарных наук, профессор кафедры эпизоотологии и ветеринарно-санитарной экспертизы Крысенко Юрий Гаврилович; заведующий кафедрой анатомии и физиологии, кандидат биологических наук, доцент Берестов Дмитрий Сергеевич; соискатель Куликова Марина Сергеевна, составили настоящий акт о том, что ряд теоретических положений, сформулированных в диссертации и ряд экспериментальных результатов, полученных диссертантом Куликовой М.С. с 2021 года внедрены и используются при чтении лекций, ведении лабораторных и практических занятий в ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия» по специальности 36.05.01-«Ветеринария» факультета ветеринарной медицины по дисциплинам «Ветеринарно-санитарная экспертиза»; «Ветеринарная фармакология. Токсикология»; «Клиническая фармакология»; «Биологическая химия»; «Физиология и этология животных»; «Клиническая физиология»; «Патологическая физиология».

Проректор по образовательной и воспитательной деятельности, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Воробьева Светлана Леонидовна

Декан факультета ветеринарной медицины, кандидат биологических наук, доцент

Иванов Иван Семенович

Заведующий кафедрой эпизоотологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, доцент

Максимова Елена Вениаминовна

Профессор, доктор ветеринарных наук, профессор кафедры эпизоотологии и ветеринарно-санитарной экспертизы

Крысенко Юрий Гаврилович

Заведующий кафедрой анатомии и физиологии, кандидат биологических наук, доцент

Берестов Дмитрий Сергеевич

Соискатель

Куликова Марина Сергеевна

*Содержит завершение:
Начальник управления кадров
дисциплины и охраны труда
ФГБОУ ВО Утвенская ГСХА*



Власова *В.С. Власова*

Приложение 2.



УТВЕРЖДАЮ

Директор АО «Путь Ильича»

Чувашев П.В.

2021

АКТ

о внедрении результатов диссертации М.С. Куликовой в работу ветеринарной службы АО «Путь Ильича».

Мы, нижеподписавшиеся: главный ветеринарный врач Сутягина Лариса Юрьевна, ветеринарный врач Иванова Ирина Дмитриевна (АО «Путь Ильича» Завьяловского района Удмуртской Республики) и соискатель Куликова Марина Сергеевна, составили настоящий акт о том, что ряд теоретических положений и экспериментальных результатов, представленных в кандидатской диссертации Куликовой М.С., внедрены в работу племенного завода по холмогорской породе крупного рогатого скота АО «Путь Ильича».

Главный ветеринарный врач

АО «Путь Ильича»

Сутягина Лариса Юрьевна

Ветеринарный врач

АО «Путь Ильича»

Иванова Ирина Дмитриевна

Соискатель

Куликова Марина Сергеевна

Приложение 3.

ООО «Камский Агроснаб»

ИНН 1840092136 КПП 184001001 ОГРН 1191832023294
 Адрес: 426063, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Орджоникидзе, д. 2, пом. 51



Исх № 57 от «07» декабря 2021 г.

Акт

о внедрении результатов кандидатской диссертации М.С. Куликовой в работу ООО «Камский Агроснаб».

Мы, нижеподписавшиеся сотрудники ООО «Камский Агроснаб» составили настоящий акт о том, что результаты кандидатской диссертации соискателя Куликовой Марины Сергеевны внедрены в работу ООО «Камский Агроснаб» и используются при разработке новых видов кормовых добавок и схем их введения в рационы.

Директор ООО «Камский Агроснаб»


 А.Г. Черницын

Заместитель директора

ООО «Камский Агроснаб»


 К.С. Мезрина

Инженер-технолог ООО «Камский Агроснаб»

 И.С. Петров

Соискатель

 М.С. Куликова

Приложение 4.



ООО «ПК Ижсинтез-Химпром»

ИНН/КПП: 1841030823/184101001

ОГРН: 1131841000466

Юридический адрес: 426063, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул.Орджоникидзе, д. 2

Исх. № 125 от «06» декабря 2021 г.

Акт

о внедрении результатов кандидатской диссертации М.С. Куликовой в работу
ООО «Производственная компания Ижсинтез-Химпром».

Мы, нижеподписавшиеся сотрудники ООО «ПК Ижсинтез-Химпром» составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы соискателя Куликовой Марины Сергеевны внедрены в работу «ПК Ижсинтез-Химпром» и были использованы при разработке, написании инструкций по применению и производстве новых кормовых добавок для сельскохозяйственных животных.

Директор ООО «ПК Ижсинтез-Химпром»

А.В. Макариков

Заместитель директора
ООО «ПК Ижсинтез-Химпром»

С.В. Семакина

Ведущий инженер-технолог
ООО «ПК Ижсинтез-Химпром»

Е.В. Куртеев

Соискатель

М.С. Куликова



Приложение 5.



ООО «Торговый дом Ижсинтез-Химпром»

ИНН 1840012003 КПП 184001001

ОГРН 1121840007365 ОКПО 09380731

Юридический адрес: 426063, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул.Орджоникидзе, д. 2, пом.17

Исх. № 215 от «07» декабря 2021 г.

Акт

о внедрении результатов кандидатской диссертации М.С. Куликовой в работу
ООО «Торговый дом Ижсинтез-Химпром».

Мы, нижеподписавшиеся сотрудники ООО «Торговый дом Ижсинтез-Химпром» составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы соискателя Куликовой Марины Сергеевны внедрены в работу ООО «Торговый дом Ижсинтез-Химпром» и были использованы при создании кормовых добавок на основе хелатных комплексных соединений меди, цинка, марганца, кобальта и железа, а также для разработки новых схем их применения в животноводстве.

Директор ООО «Торговый дом Ижсинтез-Химпром»

Заместитель директора ООО «Торговый дом
Ижсинтез-Химпром»

Технолог ООО «Торговый дом Ижсинтез-Химпром»

Соискатель

А.Ю. Мальцева А.Ю. Мальцева
А.В. Моторин А.В. Моторин
Т.В. Семенова Т.В. Семенова
М.С. Куликова М.С. Куликова

Приложение 6.**ООО «Приволжская Химия»**

ИНН 1841068249 КПП 184101001 ОГРН 1171832000812

Адрес: 426063, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Орджоникидзе, д. 2, корп. В, оф. 56

Исх № 175 от «06» декабря 2021г.

Акт

о внедрении результатов кандидатской диссертации М.С. Куликовой в работу ООО «Приволжская химия».

Мы, нижеподписавшиеся представители ООО «Приволжская химия» составили настоящий акт о том, что результаты кандидатской диссертации соискателя Куликовой Марины Сергеевны внедрены в работу предприятия ООО «Приволжская химия» и использованы при разработке новых кормовых добавок, предназначенных для профилактики и лечения гипомикроэлементозов сельскохозяйственных животных.

Директор ООО «Приволжская химия»



А.В. Соколов

Заместитель директора ООО «Приволжская химия»

Д.А. Прозоров

Главный технолог ООО «Приволжская химия»

Д.В. Ехлаков

Соискатель

М.С. Куликова

Приложение 7.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2705297

**Кормовая добавка на основе комплексного соединения
металла с аминокислотой**Патентообладатель: *Куликов Андрей Николаевич (RU)*Авторы: *Шшикин Александр Валентинович (RU), Куликов
Андрей Николаевич (RU), Овчинина Наталья Геннадьевна
(RU), Куликова Марина Сергеевна (RU), Иванов Иван
Семенович (RU)*

Заявка № 2018141897

Приоритет изобретения 27 ноября 2018 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 06 ноября 2019 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 27 ноября 2038 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев