

Научная статья

УДК 619:615.31:546-386+636.087.8.085.3

DOI 10.48012/1817-5457_2025_3_129-135

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НАБОРОВ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РАСТВОРОВ ХЕЛАТНЫХ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В КАЧЕСТВЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ

Шишкин Александр Валентинович¹, Куликов Андрей Николаевич²✉,
Крысенко Юрий Гаврилович³, Куликова Марина Сергеевна⁴

¹УдмНИИСХ УдмФИЦ УрО РАН, Ижевск, Россия

^{2,3,4}Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

²andrey.kulikov.1991@bk.ru

Аннотация. Приводятся результаты исследования кормовой добавки на основе хелатных комплексных соединений металлов-микроэлементов. Она представляет собой наборы реагентов, которые предварительно добавляются к воде, предназначенной для поения животных. При этом происходит образование растворов хелатных комплексных соединений металлов-микроэлементов. Каждый набор позволяет получить несколько разных по составу хелатных комплексных соединений одного микроэлемента и рассчитан на определенное число животных. Наборы реагентов очень компактны и имеют малый вес. Сравнивалась эффективность применения растворов хелатных комплексных соединений, полученных с использованием данных наборов, и растворов неорганических солей. При этом дозировка по содержанию микроэлементов была одинаковой. Для уменьшения влияния физиологического антагонизма использовалась дробно-периодическая схема введения соединений разных микроэлементов (Fe, Co, Mn, Cu, Zn). Исследование выполнено на 3 группах телят (по 10 голов), исходно испытывавших дефицит микроэлементов. Первая группа в течение 30 дней получала приготовленные из наборов реагентов растворы хелатных комплексных соединений микроэлементов, вторая группа получала растворы неорганических солей по той же схеме. Третья группа телят была контрольной. У животных 1-й и 2-й групп отмечено достоверное повышение содержания в крови Cu, Co, Zn, Mn, Fe по сравнению с 3-й группой. При этом у телят 1-й группы к концу исследования содержание в крови Cu, Zn, Mn, Fe было достоверно выше, чем во 2-й. Также у телят подопытных групп возросло содержание в крови общего белка. В 1-й группе это повышение было достоверно выше, чем во 2-й группе. Увеличение массы тела в 1-й группе было наиболее высоким, а клинические проявления дефицита микроэлементов исчезли раньше. Таким образом, применение новой кормовой добавки оказалось более эффективным по сравнению с использованием растворов неорганических солей.

Ключевые слова: кормовая добавка, микроэлементы, хелатные комплексные соединения, телята.

Для цитирования: Оценка эффективности применения наборов реагентов для получения растворов хелатных комплексных соединений, используемых в качестве кормовой добавки / А. В. Шишкин, А. Н. Куликов, Ю. Г. Крысенко, М. С. Куликова // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. № 3(83). С. 129-135. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2025_3_129-135.

Актуальность. Дефицит микроэлементов приводит к снижению продуктивности сельскохозяйственных животных и, в частности, крупного рогатого скота [1]. Особенно острой эта проблема является при выращивании молодняка, у которого отмечается задержка роста и развития, снижается устойчивость к развитию инфекционных заболеваний [4]. Для решения данной проблемы широко применяются минеральные кормовые добавки [3, 9].

Современные кормовые добавки на основе хелатных комплексных соединений металлов-микроэлементов имеют более высокую эффективность по сравнению с их неорганическими

солями [5]. Вместе с тем их стоимость также значительно выше, поэтому является актуальной разработка предельно дешевых, но при этом эффективных кормовых добавок.

Снизить стоимость кормовой добавки можно, уменьшив издержки, связанные с производством, транспортировкой, хранением и стоимостью тары. Для этого синтез хелатных комплексных соединений должен быть очень простым в осуществлении, а кормовая добавка должна иметь минимальный объем и вес. Добиться всего этого можно, лишь применив новые решения.

Нами разработаны наборы реагентов, при добавлении которых к воде (используемой для по-

ения животных) происходит образование растворов хелатных комплексных соединений металлов-микроэлементов (Cu, Zn, Co, Mn, Fe). Лигандами в них выступают аминокислоты и углеводы. Каждый из наборов позволяет получить соединения одного из перечисленных металлов-микроэлементов. Наборы, использованные в данной работе, содержали неорганическую соль металла-микроэлемента, сахарозу и 2 аминокислоты – глицин и метионин. После их совместного растворения в воде получается раствор хелатных комплексных соединений металла-микроэлемента. В растворе устанавливается динамическое химическое равновесие. При разных условиях образуются комплексные соединения разного состава. Это, в частности, позволяет поддерживать ион металла в составе того или иного комплексного соединения при более широком диапазоне значений pH. Растворы готовятся непосредственно перед выпаиванием животным, что позволяет отказаться от использования консервантов. Такой подход позволяет выполнить все вышеуказанные требования (получен патент на изобретение [7]).

Возможно создание подобных наборов с самыми разными веществами, способными образовывать хелатные комплексные соединения при взаимодействии в растворе с неорганическими солями металлов-микроэлементов. В частности, возможно использование различных аминокислот, оксикислот, многоосновных карбоновых кислот, углеводов, многоатомных спиртов, белков, пептидов и множества других органических соединений. Наиболее предпочтительно использование веществ, являющихся естественными метаболитами. Они будут легко включаться в метаболические процессы после усвоения хелатных комплексных соединений и их распада в клетках организма.

Известно, что при совместном введении соединения многих микроэлементов способны оказывать синергическое или антагонистическое влияние на усвоение и участие в метаболических процессах [8]. Также известно, что при использовании неорганических солей антагонистическое взаимодействие, как правило, выражено сильнее, чем при применении хелатных комплексных соединений. Для того, чтобы свести к минимуму данные проявления, для проведения эксперимента была выбрана мелко-периодическая схема введения растворов соединений разных микроэлементов.

В данной работе проводилось сравнение эффективности применения растворов хелатных комплексных соединений (получаемых при сме-

шивании с водой наборов реагентов) и растворов неорганических солей тех с таким же содержанием микроэлементов. Исследование проведено на телятах, испытывавших дефицит микроэлементов и имеющих клинические признаки его проявления. В ходе его выполнения оценивалось общее состояние животных, прирост живой массы, результаты биохимического исследования крови, содержание в крови микроэлементов. Была отмечена более высокая эффективность применения растворов хелатных комплексных соединений по сравнению с применением растворов неорганических солей.

Цель исследования: сравнить эффективность применения растворов хелатных комплексных соединений (полученных с помощью разработанных наборов реагентов) и растворов неорганических солей в качестве кормовой добавки для купирования дефицита микроэлементов у телят.

Задачи: изучить динамику содержания микроэлементов в крови телят при использовании растворов хелатных комплексных соединений микроэлементов и растворов неорганических солей; оценить влияние использования данных растворов на биохимические показатели крови телят; оценить влияние использования указанных растворов на общее состояние животных и прирост массы тела.

Материал и методы. Исследование проведено в зимне-весенний период на 30 телках голштинизированной холмогорской породы возрастом 1 месяц, имеющих клинические проявления дефицита микроэлементов. Средняя масса телят составляла $56,4 \pm 2,5$ кг. По принципу пар-аналогов животные были разделены на 3 группы по 10 голов.

Телятам 1-й группы на протяжении 30 дней перорально вводили растворы хелатных комплексных соединений металлов-микроэлементов, приготовленные *ex tempore* путем растворения в воде наборов реагентов. Реагенты растворяли в воде для выпаивания таким образом, чтобы была получена расчетная концентрация по содержанию микроэлемента. Каждому животному перорально вводилось по 15 мл раствора. Введение растворов индивидуально каждому животному позволяло добиться точности соблюдения получаемой дозировки в условиях эксперимента. Телятам 2-й группы в течение 30 дней таким же способом вводили растворы неорганических солей тех же микроэлементов, с такой же их концентрацией. Животные 3-й группы в течение указанного времени перорально получали по 15 мл дистиллированной воды.

Использовалась дробно-периодическая схема введения растворов. Она предполагала очередное пероральное введение телятам соединений разных микроэлементов (Fe, Cu, Co, Mn, Zn) с интервалом в 1 сутки. Таким образом, за 30 дней было проведено 6 таких пятидневных курсов раздельного введения соединений разных микроэлементов.

Животным 1-й группы растворы хелатных комплексных соединений кобальта давались в 1-й, 6-й, 11-й, 16-й, 21-й, 26-й дни; цинка – во 2-й, 7-й, 12-й, 17-й, 22-й, 27-й дни; марганца – в 3-й, 8-й, 13-й, 18-й, 23-й, 28-й дни; меди – в 4-й, 9-й, 14-й, 19-й, 24-й, 29-й дни; железа – в 5-й, 10-й, 15-й, 20-й, 25-й, 30-й дни. Телятам 2-й группы в указанные дни давали растворы неорганических солей (CoSO_4 , ZnSO_4 , MnSO_4 , CuSO_4 , FeCl_3) тех же микроэлементов.

Такая схема введения позволяла максимально снизить влияние физиологического антагонизма и синергизма микроэлементов. Предполагалось, что это позволит более адекватно сравнить эффективность применения растворов хелатных комплексных соединений и растворов неорганических солей при купировании дефицита микроэлементов.

При оценке суточной потребности в микроэлементах исходили из того, что исследование проводилось в период между 1-м и 2-м месяцами жизни телят. Для того, чтобы не корректировать дозировку на протяжении эксперимента, принимались ее средние значения между таковыми для 30 и 60 дней жизни животных. Использовались справочные данные [6] по дозировке микроэлементов, которые даны для использования неорганических солей. 2-я группа животных получала именно их, поэтому такой подход является обоснованным.

Поскольку за каждый курс введения (5 дней) соединения каждого из микроэлементов давались животным 1 раз, их разовая дозировка в 5 раз превышала суточную и составляла: 300 мг Fe, 40 мг Cu, 235 мг Mn, 265 мг Zn, 3,5 мг Co. Но среднесуточная дозировка (60 мг Fe, 8 мг Cu, 47 мг Mn, 53 мг Zn, 0,7 мг Co на каждое животное) при этом соответствовала рекомендуемой.

За 30 дней (шесть пятидневных курсов) каждое из животных 1-й и 2-й групп получило: 21 мг кобальта, 1590 мг цинка, 1410 мг марганца, 240 мг меди, 1800 мг железа.

Взятие крови для выполнения общего биохимического исследования и определения содержания микроэлементов выполнялось до начала эксперимента (0 день), на 11-й и 21-й дни его выполнения, а также после его завершения (на

31-й день). В эти же дни оценивалось общее состояние животных.

Биохимические исследования крови выполнены в Межфакультетской учебно-научной лаборатории биотехнологии ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ и лаборатории БУ УР «Удмуртский ветеринарно-диагностический центр».

При статистической обработке рассчитывали средние значения показателей и среднее квадратическое отклонение (σ). Оценку достоверности различий двух совокупностей осуществляли с использованием непараметрического критерия Вилкоксона – Манна – Уитни.

Результаты исследования. В крови животных было определено содержание микроэлементов. Результаты представлены в таблице 1. В начале исследования (0 день) содержание в крови марганца, железа и цинка приближалось к нижней границе референсных интервалов, а содержание кобальта и меди было ниже ее. Таким образом, последующее введение соединений всех указанных микроэлементов телятам 1-й и 2-й групп являлось обоснованным.

В ходе исследования содержание микроэлементов в крови животных 1-й и 2-й подопытных групп повышалось по сравнению с контролем (3-й группой). Различия по содержанию кобальта и меди являлись достоверными на 21-й и 31-й дни, а по содержанию марганца, цинка, железа – на 11, 21, 31-й дни.

В 1-й группе это повышение было более выраженным, чем во 2-й группе. Различия между ними были достоверными по содержанию меди и железа – на 21-й и 31-й дни ($p < 0,01$), цинка – на 11-й ($p < 0,05$), 21-й ($p < 0,01$) и 31-й ($p < 0,01$) дни; марганца – на 11-й ($p < 0,05$), 21-й ($p < 0,05$) и 31-й ($p < 0,01$) дни.

Таким образом, использование растворов хелатных комплексных соединений меди, цинка, марганца и железа оказалось более эффективным по сравнению с применением растворов неорганических солей. Вместе с тем необходимо учитывать, что примененная в эксперименте дробно-периодическая схема введения (выбранная для снижения антагонистического влияния микроэлементов) является достаточно сложной для постоянного применения в условиях животноводческих хозяйств.

Было выполнено общее биохимическое исследование крови телят. Его результаты представлены в таблице 2. Активность АЛТ в крови животных всех трех групп не выходила за пределы референсных значений на протяжении всего периода наблюдения. Однако в 1-й группе она была достоверно выше, чем в контроле, на 21-й

Таблица 1 – Содержание микроэлементов в крови телят ($M \pm \sigma$, $n = 10$)

День	№ групп-пы	Содержание микроэлементов, мкмоль/л				
		Co	Zn	Cu	Mn	Fe
0	1	0,51±0,07	13,89±0,81	12,02±0,82	0,92 ±0,06	16,9±0,9
	2	0,53±0,08	14,07±1,04	12,6±1,29	0,88±0,04	15,8±0,9
	3	0,51±0,12	14,32±1,21	12,24±1,75	0,80 ±0,06	17,0 ±0,8
11	1	0,59±0,10	15,65±0,98*	13,39±1,24	1,05±0,08*	18,3±1,1*
	2	0,56±0,07	14,81±0,6**	12,95±1,04	0,99±0,38*	19,1±0,9*
	3	0,53±0,05	14,32±0,99	12,45±0,91	0,76±0,08	17,2±1,2
21	1	0,76±0,12**	16,86±1,25**	15,67±0,38**	1,34±0,1**	25,0±1,9**
	2	0,70±0,05**	15,25±0,83**	14,52±0,6**	1,22±0,11**	22,0±1,6**
	3	0,56±0,08	13,52±0,78	11,85±1,16	0,92±0,1	19,3±1,2
31	1	0,81±0,08**	17,74±1,04**	16,88±1,15**	1,76±0,1**	28,5±1,2**
	2	0,78±0,08**	15,72±0,92**	15,26±1,15**	1,55±0,08**	25,7±1,2**
	3	0,58±0,1	14,1±0,90	12,46 ±0,82	0,9±0,19	18,6±1,3
Референсный интервал		0,51-0,85	15,30-22,94	12,59-18,88	2,86-4,77	17,9-35,8

Примечание: вероятность ошибки достоверности различий по сравнению с контролем * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$).

Таблица 2 – Результаты биохимического исследования крови телят ($M \pm \sigma$, $n = 10$)

День	№ групп-пы	Мочевина, (ммоль/л)	Креатинин, (мкмоль/л)	Общий белок, (г/л)	АЛТ (ед/л)	АСТ (ед/л)
0	1	5,8 ±0,8	88,2 ±4,5	63,2 ±6,4	17,2 ±2,5	61,1 ±7,5
	2	6,0 ±0,6	95,3 ±5,3	58,1 ±4,1	20,1 ±2,9	59,5 ±4,9
	3	6,5 ±0,6	91,2 ±4,6	62,7 ±4,2	18,2 ±3,8	65,3 ±5,4
11	1	4,2 ±0,7	86,3 ±11,2	68,5 ±9,6*	16,4 ±3,1	63,4 ±7,4
	2	3,9 ±0,6	83,2 ±8,4	65,8 ±6,4*	18,1 ±2,0	59,7 ±5,4
	3	4,0 ±0,4	79,6 ±5,0	60,2 ±5,9	17,3 ±4,2	68,0 ±6,2
21	1	4,3 ±0,7	82,1 ±6,1	74,3 ±6,4**	27,3 ±3,2*	72,1 ±7,4
	2	4,0 ±0,7	76,9±6,8	67,5 ±7,2*	22,4±3,3	82,0 ±7,5
	3	3,9 ±0,5	80,6 ±6,8	61,6 ±6,0	23,2 ±3,9	76,4±4,9
31	1	3,9 ±0,6	85,3 ±7,3	77,4 ±4,7**	30,6 ±4,1*	61,1 ±7,1
	2	4,3 ±0,7	90,2 ±3,7*	68,7 ±9,6*	27,1 ±5,4	68,2 ±5,4
	3	4,4 ±0,8	83,8 ±6,4	58,9 ±6,1	26,8 ±5,1	70,2 ±4,9
Референсный интервал		3,3-6,7	56-162	72-86	9-35	45-110

Примечание: вероятность ошибки достоверности различий по сравнению с контролем * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$).

и 31-й дни. Активность АСТ также не выходила за пределы референсных интервалов во всех трех группах. При этом в подопытных группах она не имела достоверных различий по сравнению с контролем ($p > 0,05$). В то же время в 1-й подопытной группе она оказалась достоверно ниже, чем во 2-й, на 21-й и 31-й дни ($p < 0,01$).

Содержание мочевины в крови телят 1-й и 2-й групп не имело достоверных различий по срав-

нению с контролем ($p > 0,05$). Во всех трех группах оно не выходило за пределы референсных интервалов.

В начале исследования (0 день) у всех животных содержание общего белка крови было ниже референсных значений. В дальнейшем в 1-й и 2-й группах оно возросло по сравнению с контролем, различия являлись достоверными на 11-й, 21-й и 31-й дни.

Это может быть объяснено вхождением микроэлементов в состав активных центров металлоферментов, участвующих в белковом обмене [2].

У телят 1-й группы повышение содержания белка в крови было достоверно выше, чем во 2-й группе, на 31-й день исследования ($p < 0,05$). Это можно связать с более высоким усвоением микроэлементов при использовании их хелатных комплексных соединений.

Исходно у всех 30 телят имелись клинические проявления дефицита микроэлементов: грубый волосяной покров, задержка роста и развития, снижение двигательной активности, уменьшение поедаемости корма, периодическая диарея.

По мере введения соединений микроэлементов общее состояние телят 1-й и 2-й групп улучшалось и постепенно нормализовалось. В 1-й группе это было отмечено к 21-му дню наблюдения, а во 2-й группе – к концу исследования. В 3-й (контрольной) группе положительных изменений не было.

За 30 дней исследования прирост массы тела у телят в 1-й группе составил $23,2 \pm 2,9$ кг, во 2-й группе – $18,4 \pm 3,2$ кг, в 3-й группе – $15,7 \pm 3,7$ кг. Различия оказались достоверными ($p < 0,01$) между 1-й и 3-й группами.

Полученные результаты позволяют утверждать, что использование в качестве кормовой добавки растворов хелатных комплексных соединений, приготовленных из разработанных наборов реагентов, является более эффективным по сравнению с применением растворов неорганических солей по аналогичной схеме и при такой же дозировке металлов-микроэлементов.

Выводы:

1. Достоверное повышение содержания микроэлементов в крови животных 1-й группы по сравнению со 2-й группой позволяет утверждать о лучшем усвоении микроэлементов при использовании предлагаемых хелатных комплексных соединений по сравнению с применением неорганических солей.

2. Достоверное повышение общего белка в крови животных 1-й группы по сравнению со 2-й группой свидетельствует о более выраженном усилении биосинтеза белка при более эффективном купировании дефицита микроэлементов.

3. Купирование клинических проявлений дефицита микроэлементов в организме телят, получавших растворы хелатных комплексных соединений, происходило быстрее, чем при при-

менении в качестве кормовой добавки растворов неорганических солей.

Список источников

1. Бузина О. В., Черемуха Е. Г., Блинова А. В. Минеральная обеспеченность рациона высокопродуктивных новотельных коров // Современные тенденции развития животноводства и зоотехнической науки: сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвященной 100-летию со дня рождения профессора А. В. Орлова, Москва, 17–18 нояб. 2022 г. Москва: РГАУ, 2022. С. 171–175.

2. Динамика общего белка и его фракций в сыровотке крови сельскохозяйственной птицы под влиянием препаратов селена и йода / С. А. Шевченко [и др.] // Вестник НГАУ. 2017. № 1(42). С. 167–174.

3. Дронов В. В., Ковалева В. Ю. Фармакологическая компенсация дефицита микроэлементов у лактирующих коров // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2020. № 2(16). С. 13–18.

4. Завьялов О. А., Слепцов И. И., Мирошников С. А. Роль меди, цинка и марганца в организме крупного рогатого скота // Ветеринария и кормление. 2023. № 6. С. 22–26. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-6-5.

5. Использование хелатных форм микроэлементов в рационах сельскохозяйственных животных / Е. Н. Будникова [и др.] // Актуальные вопросы инновационного развития агропромышленного комплекса: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Курск, 28–29 янв. 2016 г. / Отв. за выпуск И. Я. Пигорев. Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. проф. И. И. Иванова, 2016. Ч. 3. С. 23–26.

6. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справ. пособие / Под ред. А. П. Калашникова [и др.]. 3-е изд. перераб. и доп. Москва, 2003. 456 с.

7. Патент № 2705297 С1 Российская Федерация, МПК А23К 20/142, А23К 20/20. Кормовая добавка на основе комплексного соединения металла с аминокислотой: № 2018141897: заявл. 27.11.2018: опубл. 06.11.2019 / А. В. Шишкин [и др.].

8. Подобед Л. Минеральное питание. Сравнительная эффективность минеральных кормовых добавок // СФЕРА: Мясная промышленность. 2017. № 1(116). С. 66–67.

9. Сафонов В. А., Ляпко Н. И., Черницкий А. Е. Природный дефицит микроэлементов как одна из причин репродуктивных нарушений у коров в Республике Беларусь // Биохимические инновации в условиях коррекции техногенеза биосферы: тр. Междунар. биогеохим. симп., посвященного 125-летию со дня рождения акад. А. П. Виноградова и 90-летию образования Приднестровского ун-та. В 2 т., Тирасполь, 05–07 нояб. 2020 г. Тирасполь: Приднестровский гос. ун-т им. Т. Г. Шевченко, 2020. Т. 1. С. 322–325.

References

1. Buzina O. V., Cheremuxa E. G., Blinova A. V. Mineral'naya obespechennost' racional'no vy'sokoproduktivny'x

novotel'nyx korov // Sovremennyye tendencii razvitiya zhivotnovodstva i zootekhnicheskoy nauki: sb. st. Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem, posvyashhennoj 100-letiyu so dnya rozhdeniya professora A. V. Orlova, Moskva, 17–18 noyab. 2022 g. Moskva: RGAU, 2022. S. 171-175.

2. Dinamika obshhego belka i ego frakcij v syvorotke krovi sel'skoxozyajstvennoj pticy pod vliyaniem preparatov selena i joda / S. A. Shevchenko [i dr.] // Vestnik NGAU. 2017. № 1(42). S. 167-174.

3. Dronov V. V., Kovaleva V. Yu. Farmakologicheskaya kompensaciya deficita mikroelementov u laktiruyushhix korov // Aktual'ny'e voprosy sel'skoxozyajstvennoj biologii. 2020. № 2(16). S. 13-18.

4. Zav'yalov O. A., Slepcev I. I., Mirosnikov S. A. Rol' medi, cinka i margancza v organizme krupnogo rogatogo skota // Veterinariya i kormlenie. 2023. № 6. S. 22-26. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-6-5.

5. Ispol'zovanie xelatnyx form mikroelementov v racionax sel'skoxozyajstvennyx zhivotnyx / E. N. Budnikova [i dr.] // Aktual'ny'e voprosy innovacionnogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Kursk, 28–29 yanv. 2016 g. / Otv. za

vy'pusk I. Ya. Pigorev. Kursk: Kurskaya gosudarstvennaya sel'skoxozyajstvennaya akademiya im. prof. I. I. Ivanova, 2016. Ch. 3. S. 23-26.

6. Normy i rationy kormleniya sel'skoxozyajstvennyx zhivotnyx: sprav. posobie / Pod red. A. P. Kalashnikova [i dr.]. 3-e izd. pererab. i dop. Moskva, 2003. 456 s.

7. Patent № 2705297 C1 Rossijskaya Federaciya, MPK A23K 20/142, A23K 20/20. Kormovaya dobavka na osnove kompleksnogo soedineniya metalla s aminokislotoj: № 2018141897: zayavl. 27.11.2018: opubl. 06.11.2019 / A. V. Shishkin [i dr.].

8. Podobed L. Mineral'noe pitanie. Sravnitel'naya effektivnost' mineral'nyx kormovyx dobavok // SFERA: Myasnaya promyshlennost'. 2017. № 1(116). S. 66-67.

9. Safonov V. A., Lyapko N. I., Cherniczkiy A. E. Prirodnyj deficit mikroelementov kak odna iz prichin reproduktivnyx narushenij u korov v Respublike Belarus // Bioximicheskie innovacii v usloviyax korrekcii texnogeneza biosfery: tr. Mezhdunar. biogeoxim. simp., posvyashhenogo 125-letiyu so dnya rozhdeniya akad. A. P. Vinogradova i 90-letiyu obrazovaniya Pridnestrovskogo un-ta. V 2 t., Tiraspol', 05–07 noyab. 2020 g. Tiraspol': Pridnestrovskij gos. un-t im. T. G. Shevchenko, 2020. T. 1. S. 322-325.

Сведения об авторах:

А. В. Шишкин¹, доктор медицинских наук, старший научный сотрудник,
<https://orcid.org/0000-0001-9720-5042>;

А. Н. Куликов^{2✉}, кандидат ветеринарных наук, доцент,
<https://orcid.org/0009-0009-1055-1395>;

Ю. Г. Крысенко³, доктор ветеринарных наук, профессор,
<https://orcid.org/0000-0002-6435-1454>;

М. С. Куликова⁴, кандидат ветеринарных наук,
<https://orcid.org/0009-0004-4526-877X>

¹УдмНИИСХ УдмФИЦ УрО РАН, 426067, Россия, Ижевск, ул. Татьяны Барамзиной, 34

^{2,3,4}Удмуртский ГАУ, 426069, Россия, Ижевск, ул. Студенческая, 11

²andrey.kulikov.1991@bk.ru

Original article

EFFICIENCY EVALUATION OF USING REAGENTS KITS FOR OBTAINING SOLUTIONS OF CHELATE COMPLEX COMPOUNDS USED AS A FEED ADDITIVE

Alexander V. Shishkin¹, **Andrey N. Kulikov**^{2✉}, **Yuriy G. Krysenko**³, **Marina S. Kulikova**⁴

¹Udmurt Scientific Research Institute of Agriculture, Udmurt Federal Research Center - Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Russia

^{2,3,4}Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

²andrey.kulikov.1991@bk.ru

Abstract. The article presents the results of a study of a feed additive based on chelate complex compounds of metals and microelements. It is a kit of reagents that are preliminarily added to water intended for animals drinking. In this case, solutions of chelate complex compounds of metals and microelements are formed. Each kit allows obtaining several chelate complex compounds of one microelement with different compositions and is designed for a certain number of animals. The reagent kits are very compact and lightweight. The efficiency of using solutions of chelate complex compounds obtained with these kits and solutions of inorganic salts was compared. In this case, the dosage by the content of microelements was the same. To reduce the effect of physiological

antagonism, a fractional-periodic scheme of introducing compounds of different microelements (Fe, Co, Mn, Cu, Zn) was used. The study was carried out on 3 groups of calves (10 heads each) that initially experienced a deficiency of microelements. The first group received solutions of chelated complex compounds of microelements prepared from reagent kits for 30 days, the second group received solutions of inorganic salts according to the same scheme. The third group of calves was a control one. The animals of the 1st and 2nd groups showed a reliable increase in the content of Cu, Co, Zn, Mn, and Fe in the blood compared to group 3. At the same time, by the end of the study, the content of Cu, Zn, Mn, and Fe in the blood of calves of the 1st group was significantly higher than in the 2nd. The content of total protein in the blood of calves of the experimental groups also increased. This increase was significantly higher in the 1st group than in the 2nd group. The increase in body weight in the 1st group was the highest, and clinical manifestations of microelement deficiency disappeared earlier. Thus, the use of the new feed additive proved to be more effective compared to the use of solutions of inorganic salts.

Key words: feed additive, microelements, chelate complex compounds, calves.

For citation: Shishkin A. V., Kulikov A. N., Krysenko Yu. G., Kulikova M. S. Efficiency evaluation of using reagent kits for obtaining solutions of chelate complex compounds used as a feed additive. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2025; 3 (83): 129-135. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2025_3_129-135.

Authors:

A. V. Shishkin¹, Doctor of Medical Sciences, Senior Researcher,

<https://orcid.org/0000-0001-9720-5042>;

A. N. Kulikov^{2✉}, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor,

<https://orcid.org/0009-0009-1055-1395>;

Yu. G. Krysenko³, Doctor of Veterinary Sciences, Professor,

<https://orcid.org/0000-0002-6435-1454>;

M. S. Kulikova⁴, Candidate of Veterinary Sciences,

<https://orcid.org/0009-0004-4526-877X>

¹Udmurt Scientific Research Institute of Agriculture, Udmurt Federal Research Center – Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 34 Tatyaniy Baramzinoy St., Izhevsk, Russia, 426067

^{2,3,4}Udmurt State Agricultural University, 11 Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069

²andrey.kulikov.1991@bk.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare that they have no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 04.04.2025; одобрена после рецензирования 26.06.2025;

принята к публикации 04.09.2025.

The article was submitted 04.04.2025; approved after reviewing 26.06.2025; accepted for publication 04.09.2025.