

#### 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (сельскохозяйственные науки)

doi:10.18286/1816-4501-2024-2-163-169

УДК 571.118

### Микроэлементная индукция оксидоредуктивных аэробных трансформаций субстратов

Д. Л. Арсанукаев<sup>1</sup>, доктор биологических наук, профессор кафедры «Клеточная биология, морфология и микробиология»

Х. М. Зайналабдиева<sup>1</sup>, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Физиология и анатомия человека и животных»

А. А. Шидаева<sup>2</sup>, старший преподаватель кафедры «Технологии продуктов питания и бродильных производств»

<sup>1</sup>Чеченский государственный университет имени А.А. Кадырова

364907 ЧР, г. Грозный, ул. Шерипова, д. 32, e-mail: ars\_arbi@rambler.ru

<sup>2</sup>Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова

364051 ЧР, г. Грозный, пр. Исаева, 100

✉ asmart0115@mail.ru

**Резюме.** Исследования проводили с целью выявления влияния различных форм микродобавок на физиолого-биохимические показатели крови в зоне их дефицитного поступления. Для исследования отобран молодняк крупного рогатого скота черно-пестрой породы в общем количестве 15 голов по 5 в каждой группе. В рацион II группы вводили микроэлементы в виде неорганических солей, III опытная группа получала идентичное количество микроэлементов в хелатированной форме. Использованы в сравнительном аспекте хелаты микроэлементов железа, меди, кобальта, цинка марганца, синтезированные на основе полидентатной кислоты (ЭДДЯК). Период технологического цикла дорастивания и откорма составил от 6 месяцев до 1 года. Установлено, что использование в рационе микроэлементных добавок привело к увеличению в опытных группах соответственно (II и III) относительно интактной: гематокрита на 2,9...6,0 %, эритроцитов 2,6...7,8 % гемоглобина 4,6...8,5% ( $P>0,95$ ); кислородной емкости 7,6...13,8 % ( $P>0,95$ ). Высокое содержание общего белка крови отмечалось в III группе 7,9 %, в том числе альбуминов 21,2% ( $P > 0,95$ ). Доказано положительное влияние комплексонов микроэлементов на качество крови с увеличением количества глюкозы во II и III группах на 5,1...6,7 % относительно интактной группы. Высокие результаты по концентрации в крови микроэлементов Fe, Cu, Co, Zn, Mn соответственно из двух опытных групп получены в III группе: 29,1% ( $P>0,999$ ); 46,9 % ( $P>0,999$ ); 74,7 % ( $P>0,999$ ); 57,8 % ( $P>0,999$ ); 31,4 %  $P>0,99$ . Достоверные результаты исследованных показателей качества крови доказывают эффективность по уровню резервирования комплексонов микроэлементов, приготовленных на основе ЭДДЯК.

**Ключевые слова:** комплексоны, микроэлементы, естественная деплеция, тканевое дыхание, пировиноградная кислота, молочная кислота, цветной индекс, кислородная емкость крови, интактная, нивеляция.

**Для цитирования:** Арсанукаев Д. Л., Зайналабдиева Х. М., Шидаева А. А. Микроэлементная индукция оксидоредуктивных аэробных трансформаций субстратов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. №2 (66). С. 163-169. doi:10.18286/1816-4501-2024-2-163-169

### Microelement induction of oxidoreductive aerobic transformations of substrates

D. L. Arsanukaev<sup>1</sup>, H. M. Zainalabdieva<sup>1</sup>, A. A. Shidaeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Chechen State University named after A.A. Kadyrov

364907 Chechnya, Grozny, Sheripova st., 32, ✉ ars\_arbi@rambler.ru

<sup>2</sup>Grozny State Oil Technical University named after Academician Millionshchikov

364051 Chechnya, Grozny, Isaev Ave., 100

**Abstract.** The studies were carried out to identify the influence of various forms of microadditives on physiological and biochemical parameters of blood in the zone of their critical supply. For the study, young cattle of the black-and-white breed was selected in a total number of 15 heads, 5 heads in each group. Microelements in the form of inorganic salts were introduced into the diet of group II; experimental group III received an identical amount of microelements in

chelated form. Chelates of microelements of iron, copper, cobalt, zinc and manganese synthesized on the basis of polydentate acid (ethylene Diamine disuccinic salt) are used in a comparative aspect. The period of technological cycle of growing and fattening ranged from 6 months to 1 year. It was established that the usage of microelement supplements in the diet led to an increase in the experimental groups, respectively (II and III) relative to the intact: hematocrit by 2.9...60%, red blood cells 2.6...7.8%, hemoglobin 4.6...8.5% ( $P>0.95$ ); oxygen capacity 7.6...13.8% ( $P>0.95$ ). A high content of total blood protein was observed in group III - 7.9%, including albumin - 21.2% ( $P > 0.95$ ). The positive effect of microelement complexonates on blood quality has been proven with an increase in the amount of glucose in groups II and III by 5.1...6.7% relative to the intact group. High results of concentration of Fe, Cu, Co, Zn, Mn microelements in the blood of two experimental groups were received in III group: 29.1% ( $P>0.999$ ); 46.9% ( $P>0.999$ ); 74.7% ( $P>0.999$ ); 57.8% ( $P>0.999$ ); 31.4% ( $P>0.99$ ). The obtained consistent results of the experimental prove the effectiveness of the reservation level of microelement complexonates prepared on the basis of ethylene Diamine disuccinic salt.

**Keywords:** complexonates, microelements, natural depletion, tissue respiration, pyruvic acid, lactic acid, color index, blood oxygen capacity, intact, leveling.

**For citation:** Arsanukaev D. L., Zainalabdieva H. M., Shidaeva A. A. Microelement induction of oxidoreductive aerobic transformations of substrates // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2024;2(66): 163-169 doi:10.18286/1816-4501-2024-2-163-169

#### Введение

В спектре трофического материала важную роль в морфофункциональном становлении организма играют минеральные элементы, в том числе незаменимые микроэлементы Fe, Cu, Co, Zn, Mn. В биогехимической зоне наблюдаются нарушения баланса минеральных элементов в почве, в ботаническом составе, что приводит к нарушению сочетаемости изучаемых факторов в суточном рационе животных. Плюральными авторитетными исследованиями установлено, что при нарушении оптимального соотношения между нормируемыми минеральными элементами в рационе их абсорбция и метаболическое использование заметно снижается из-за наличия антагонистического взаимоотношения между ними на разных этапах обмена [1, 2, 3, 4].

В целях нивелиации и удовлетворения суточной потребности в рационе повседневной практики широко применяют неорганические соли изучаемых микроэлементов. Согласно литературным данным, известно, что после диссоциации ингридируемых солей и минеральных элементов кормового происхождения в разных отделах гастро-энтеральной системы переходят в ионную форму с учетом биодоступности для последующего диффузионного преодоления энтерального барьера с участием активных белковых транспортных механизмов. Также известно, что абсорбция катионных элементов регулируется на гастроэнтеральном уровне, когда анионные элементы легко мигрируют через энтеральный барьер в крови, и их гомеостатическая регуляция осуществляется на ренальном уровне [5, 6, 7, 8].

С учетом выше перечисленных и других физико-химических свойств изучаемых микроэлементов нами использованы в сравнительном аспекте хелаты микроэлементов железа, меди, кобальта, цинка марганца, синтезированные на основе полидентатной кислоты (ЭДДЯК). Изучаемые нами выше перечисленные микроэлементы, находясь в составе ЭДДЯК, приобретают анионную форму, что и служит фактором повышения коэффициента абсорбции и увеличения концентрационного статуса в индикаторных органах и тканях исследуемых

животных. Также микроэлементы, находясь в составе этилендиаминдиантарной кислоты (координационные соли), не обладают теми недостатками, которые характерны неорганическим солям [9, 10, 11, 12].

Впервые нами использованы координационные соли микроэлементов железа, меди, кобальта, цинка марганца в сравнительном аспекте со средними солями в суточном наборе кормов выращиваемых бычков в условиях естественной деплеции и диспаратета изучаемых факторов. Используемые нами комплексонаты микроэлементов, приготовленные на основе полидентатной кислоты, в процессе хранения не слеживаются; при передозировке не оказывают токсического действия; предотвращают адгезирование микроэлементов на поверхности балластных ингридиентов кормов; снимают противоборствующее влияние между минеральными элементами в процессе гидролиза, абсорбции и транспорта через систему крови; после диссоциации комплексоната органический лиганд окисляется, выделяя при этом энергию, или захватывает тяжелые элементы для дальнейшей экскреции через ренальную систему [13, 14, 15].

Цель исследования – установление наиболее экологически безопасных и метаболически активных форм микродобавок для раскрытия генома в условиях естественной деплеции изучаемых факторов.

#### Материалы и методы

Экспериментальное исследование было организовано согласно методике опытного дела на молодняке крупного рогатого скота в возрастном диапазоне от 180 до 360 дней. Методом пар-аналогов были созданы три исследуемые группы: первая – интактная, вторая – опытная, которая получала дефицитное и авансированное количество микроэлементов в виде неорганических солей, третья опытная группа получала идентичное количество и в той же композиции указанные выше элементы в хелатированной форме. Все исследуемые животные были аналогами по возрасту, полу, живой массе, породе и физиологическому состоянию.

Экспериментальное исследование охватывает технологический цикл выращивания и доращивания молодняка. Рационы кормления составляли и корректировали в динамике эксперимента согласно требованиям норм и рационов кормления сельскохозяйственных животных ВИЖа [16].

Для нивелиации микроэлементного статуса в рационе нами использованы в динамике эксперимента кобальт – 18...30 %, медь – 15...25 %, цинк – 10...15 %, марганец – 3...5 %, железо – 12...18 % от суточной нормы. Микродобавки после полной гомогенизации в комбикорме раздавали подопытным животным утром и вечером.

#### Результаты

Таблица 1. Клинические показатели крови

Показатели	I	II	III
	Интактная	Опытная	Опытная
Гематокрит, %	38,4±3,20	39,5±3,24	40,7±3,11
Эритроциты, 10 <sup>12</sup> /л	4,75±0,26	4,99±0,29	5,12±0,32
Гемоглобин, г/л	87,1±4,18	92,0±3,92	99,8±4,28*
Цветной индекс	0,95±0,04	0,97±0,03	1,02±0,05
Кислородная емкость, мл/л	116,6±7,32	123,3±8,14	132,7±9,16*

Примечание: \* - P>0,95

Полученный цифровой материал изучения таких индикаторных клинических показателей объективно отражает интенсивность окислительных процессов как анаэробных, так и аэробных, конвергирующихся на кислородной емкости крови. В частности, показатель гематокрита у животных интактной группы составляет 38,4±3,20 %, тогда как во второй опытной – 39,5±3,24 и в третьей – 40,7±3,11. Соответственно, микроэлементная индукция гематокрита составляет во второй опытной группе – 2,9 % и в третьей – 6,0 %. Количество эритроцитов крови увеличивается в группе комплексонов относительно интактной на 7,8 % и во второй опытной группе на 2,6 %. Содержание гемоглобина при этом носит сопряженный градирующий характер у животных опытных групп, особенно в группе комплексонов и составляет 87,1±4,18 в интактной, 92,0±3,92 – в группе неорганических солей и 99,8±4,28 г/л в группе хелатированных солей. Высокие результаты алиментарного применения микроэлементов в сравнении с интактной группой составляют 5,63 % и 14,6 % в пользу третьей опытной группы. Полученный цветной показатель крови исследуемых животных, согласно таблице 1, объективно отражает протекторное эритропоэтическое влияние изучаемых микроэлементов, то есть сопряженно в тесной корреляции оптимизируется не только образование эритроцитов, но и синтез гемопротеида гемоглобина. Цветной индекс при этом составляет в группе комплексонов 1,02±0,05, когда во второй – 0,97±0,03 и в интактной – 0,95±0,04.

Выше перечисленные показатели крови конвергируются на кислородной емкости крови, отражающей интенсивность оксигенации органов и

Полученный нами статистический материал эмпирического исследования убедительно свидетельствует о нереализованных возможностях рационализации композиционного состава суточного рациона выращиваемых животных в условиях естественной деплеции эссенциальных микроэлементов в геохимической зоне.

Факториальный материал нашего экспериментального исследования согласно таблице 1 констатирует градацию клинических показателей крови в опытных группах как результат детализированного ингридирования микроэлементов в зоне их диспаритетного поступления.

тканей организма. В частности, кислородная емкость крови в интактной группе составляет 116,6±7,32 мл/л, в группе неорганических солей – 123,3±8,14 и комплексонов – 132,7±9,16. Приходим к выводу, что она возрастает в третьей группе на 13,8 % и во второй опытной – на 7,6 % относительно интактной.

Изучаемые нами различные физико-химические формы микроэлементов в составе суточного рациона животных оказали положительное влияние на синтез плазменных белков, обеспечивая при этом оптимизацию размеров протеомы и характерные физиолого-биохимические функции системы крови. Нами изучены следующие белки крови: общий белок, альбумины и глобулины.

Согласно табулированному статистическому цифровому материалу таблицы 2, мы отмечаем оптимизацию размера протеомы в опытных группах относительно интактной, особенно наиболее желательные результаты получены в группе хелатированных солей. В частности, содержание общего белка в группе животных комплексонов возрастает относительно группы неорганических солей на 3,1 % и интактной на 7,9 %. В том числе отмечается сопряженное увеличение концентрационного статуса альбуминов в группе комплексонов относительно второй опытной на 14,6% и интактной – на 21,2%. Отсюда следует, что алиментирование микродобавок заметно индуцирует синтез плазменных белков гепатического генеза. В спектре общего белка плазмы крови концентрационный фон глобулинов во всех исследуемых группах сохраняет индентичную интенсивность их синтеза в гепатоцитах. В частности, содержание глобулинов в крови интактной группы

4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (сельскохозяйственные науки)

составляет  $44,6 \pm 1,90$  г/л, во второй –  $45,1 \pm 2,35$  и в третьей –  $46,4 \pm 2,14$ .

Применение микродобавок в суточном рационе животных обеспечило существенное увеличение статуса плазменных белков, что непременно отразится на росте и развитии выращиваемого молодняка крупного рогатого скота (табл. 2) [17].

Таблица 2. Содержание плазменных белков крови, г/л

Показатель	Группа		
	I Интактная	II Опытная	III Опытная
Общий белок	$67,2 \pm 4,81$	$70,3 \pm 5,02$	$72,5 \pm 5,18$
Альбумины	$22,6 \pm 1,60$	$23,9 \pm 1,38$	$27,4 \pm 1,63^*$
Глобулины	$44,6 \pm 1,90$	$45,1 \pm 2,35$	$46,4 \pm 2,14$

Примечание: \* –  $P > 0,95$

Углеводы плазмы крови отражают интенсивность гидролитической деполимерзации полисахаридов с ферментативным участием, в основном, микробиального происхождения в разных отделах гастро-энтеральной системы [18].

У полигастрических животных из-за отсутствия собственных ферментов гидролиза углеводов в предкамерах их деградация и брожение до летучих жирных кислот осуществляется ферментами микрофлоры и микрофауны рубца. Следовательно, пропионовая кислота из спектра ЛЖК используется в гепатоцитах печени для ресинтеза глюкозы.

Применение микродобавок в составе рациона заметно улучшает и конверсию углеводов и их дальнейший статус в крови (табл. 3).

Таблица 3. Концентрационный фон глюкозы, пирувата и лактата в плазме крови, ммоль/л

Показатель	Группа		
	I – Интактная	II – Опытная	III – Опытная
Глюкоза	$3,29 \pm 0,17$	$3,34 \pm 0,14$	$3,51 \pm 0,16$
ПВК	$0,13 \pm 0,005$	$0,11 \pm 0,004^*$	$0,10 \pm 0,003^{**}$
Лактат	$1,27 \pm 0,078$	$1,18 \pm 0,063$	$1,12 \pm 0,065^*$

Примечание: \* –  $P > 0,95$ ; \*\* –  $P > 0,99$

Концентрация глюкозы, пировиноградной и молочной кислоты в плазме крови индикаторно отражает интенсивность окисления, главным образом, углеводов в процессе общего метаболизма в

организме. В частности, содержание глюкозы в плазме крови у интактных животных составляет  $3,29 \pm 0,17$  ммоль/л, когда в группе неорганических солей –  $3,34 \pm 0,14$  и комплексонатов –  $3,51 \pm 0,16$ . Применение комплексонатов микроэлементов обеспечило увеличение фона глюкозы в крови животных третьей группы на  $5,1...6,7$  % относительно других исследуемых групп.

Как известно, пировиноградная (ПВК) и молочная кислоты являются продуктами окисления глюкозы в цитоплазме клетки. При анаэробном окислении глюкозы накопление молочной кислоты возрастает по отношению пировиноградной и, наоборот, при аэробном – снижается. Увеличение молочной кислоты в терминальной реакции гликолиза свидетельствует о снижении напряжения кислорода в цепи переноса электронов к молекулярному кислороду, влекущему за собой снижение окисления органических субстратов в цикле трикарбоновых кислот, но и сопряженное окислительное фосфорилирование ресинтеза АТФ.

По результатам нашего исследования, согласно таблице 3, отмечается снижение концентрационного фона лактата в опытных группах относительно интактной и составляет в интактной  $1,27 \pm 0,078$ , во второй –  $1,18 \pm 0,063$  и в третьей –  $1,12 \pm 0,065$  ммоль/л.

Содержание пирувата при этом сопряженно уменьшается в опытных группах, в частности, в интактной составляет  $0,13 \pm 0,005$ , во второй –  $0,11 \pm 0,004$  и в третьей –  $0,10 \pm 0,003$  ммоль/л. Соотношение между ПВК/лактат составляет в интактной –  $9,8$ , в группе неорганических солей –  $10,7$  и в группе комплексонатов –  $11,2$ . В состоянии физиологического покоя соотношение ПВК/лактат осциллируется  $1:10$ , однако по мере увеличения метаболического напряжения концентрационный статус лактата может увеличиться, согласно литературным данным, в  $6-9$  раз. В организме животных опытных групп, особенно, в группе комплексонатов из-за высокой кислородной емкости крови, следовательно, высокой оксигенации тканевого дыхания накопление пирувата и лактата снижается в диапазоне нормы, что непременно отразится на концентрационном пуле макроэргов, лежащих в основе пластических процессов.

Микроэлементный статус крови достаточно надежно, индикаторно отражает абсорбционную активность алиментируемых микродобавок [19, 20, 21].

Таблица 4. Концентрационный фон микроэлементов в крови, мг/кг сухого вещества

Группа	Кровь				
	Fe	Cu	Co	Zn	Mn
I – интактная	$978 \pm 72,8$	$1,32 \pm 0,08$	$0,083 \pm 0,0034$	$12,3 \pm 0,91$	$10,2 \pm 0,67$
II – опытная	$1079 \pm 82,4^*$	$1,59 \pm 0,09^{**}$	$0,112 \pm 0,0047^{**}$	$15,7 \pm 0,98^{**}$	$11,9 \pm 0,75^*$
III – опытная	$1263 \pm 85,3^{***}$	$1,94 \pm 0,12^{***}$	$0,145 \pm 0,0058^{***}$	$19,4 \pm 1,04^{***}$	$13,4 \pm 0,80^{**}$

Примечание: \* – P>0,95; \*\* – P>0,99; \*\*\* – P>0,999

Полученный нами цифровой материал таблицы 4 объективно отражает диффузионную активность изучаемых нами различных форм микродобавок. В частности, содержание железа в крови животных третьей опытной группы возрастает относительно группы животных, получающей неорганические соли и интактной на 17,1 и 29,1 %, меди – 22,0 и 46,9 %, кобальта – 29,5...74,7, цинка – 23,6...57,8 %, марганца – 12,6...31,4 % соответственно.

#### Обсуждение

Среди неорганических и органических форм наиболее эффективными и приоритетными по уровню резервирования сказались комплексоны микроэлементов, приготовленные на основе этилендиаминдиантарной кислоты. Также оптимизированные физиолого-биохимические показатели крови как результат алиментарного применения комплексонов микроэлементов обеспечили абсолютное и относительное увеличение живой массы и среднесуточного прироста в третьей опытной группе относительно интактной на 9,4 % и группы животных, получающих неорганические соли – 4,3 %.

Пероральное применение комплексонов микроэлементов Fe, Cu, Co, Zn, Mn, приготовленных на базе этилендиаминдиантарной кислоты, в сравнительном аспекте с интактной группой и группой неорганических солей приводит к:

1) увеличению количества эритроцитов – на 0,13...0,37·10<sup>12</sup>/л; гемоглобина – на 7,8...12,7 г/л; цветного индекса – 0,05...0,07; кислородной емкости – 9,4...16,1 мл/л;

#### Литература

1. Дятлова Н. М. Комплексоны и комплексоны металлов / Н.М. Дятлова, В.Я. Темкина, К.И. Попов. М.: Химия, 1988. 544 с. ISBN 5-7245-0107-4
2. Самохин В. Т. Профилактика нарушений обмена микроэлементов у животных. Воронежский государственный университет. Воронеж, 2003. 136 с. ISBN: 5-9273-0423-0
3. . Changes in the physiological status of agricultural animals and poultry under the influence of biologically active additives / S.I. Nikolaev, A.K. Karapetyan, O.A. Budtuev et al. // Adv. Anim. Vet. Sci. Vol. 2019. 7(s1): P. 100-105. doi: 10.17582/journal.aavs/2019/7.s1.100.105 EDN: SPJCRG
4. Производство говядины с использованием кормовых добавок / А.Т. Варакин, В.В. Саломатин, Д. К. Кулик и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 282-291. doi: 10.32786/2071-9485-2021-03-29
5. Гематологические показатели бычков при введении в рационы селеносодержащих добавок / А. Т. Варакин, А.А. Ряднов, В.В. Саломатин и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 209-218 doi: 10.32786/2071-9485-2021-03-21
6. Фисинин В. И., Крюков В., Сурай П. Природные минералы в кормлении животных и птицы // Животноводство России. 2008. № 8. С. 66-68.
7. Суханова С. Ф., Ярославцев Ф. В. Продуктивность и морфобиохимические показатели крови лактирующих коров, потреблявших минеральные кормовые добавки // Известия Горского государственного аграрного университета. 2020. Т. 57. № 2. С. 61-67.
8. Совершенствование протеиновой и минеральной питательности рационов для овец / С. И. Николаев, В. В. Шкаленко, О. В. Самофалова и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 1(65). С. 291-300. doi: 10.32786/2071-9485-2022-01-28.
9. Арсанукаев Д. Л., Зайналабдиева Х. М., Шидаева А. А. Влияние комплексонов эссенциальных микроэлементов на физиолого-биохимический статус крови растущего молодняка крупного рогатого скота. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 1 (99). С. 201-205.

2) повышению концентрационного статуса глюкозы – на 5,1...6,7 %; утилизации пировиноградной кислоты на 0,01...0,03 ммоль/л и молочной кислоты – 0,06...0,15 ммоль/л;

3) увеличению содержания железа в крови на 17,1...29,1 %, меди – 22,0...46,9 %, кобальта – 29,5...74,7 %, цинка – 23,6...57,8 %, марганца – 12,6...31,4 %;

4) повышению среднесуточного прироста животных в группе комплексонов на 711 г, когда в группе животных, получавших неорганические соли – 683 г и в интактной – 650 г.

#### Заключение

На основании факториальных данных нашего экспериментального исследования рекомендуем использовать комплексоны микроэлементов (Fe, Cu, Co, Zn, Mn) в составе рациона выращиваемого молодняка для нивелиации естественного дефицита и диспаритета изучаемых микроэлементов как наиболее приоритетных форм удовлетворения суточной потребности. Применение комплексонов микроэлементов, приготовленных на базе этилендиаминдиантарной кислоты, в рационе выращиваемого молодняка крупного рогатого скота обеспечит интенсивный рост и развитие; снижение себестоимости получаемой продукции, повышение биологической и энергетической ценности получаемой продукции; обеспечение суточной потребности в биологически активных веществах.

10. Шидяева А. А., Арсанукаев Д. Л. Инновационные возможности оптимизации микроэлементного статуса в миокарде сердца. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 6 (92). С. 234-236.
11. Миловидова Е. Д. Влияние минерального препарата «silaccess» на физиологические показатели сукозных коз зааненской породы. Сборник статей III Международной научно-практической конференции. Передовое развитие современной науки: опыт, проблемы, прогнозы. Петрозаводск, 2021. С. 334-341.
12. Суханова С. Ф. Влияние и взаимосвязь продуктивных показателей у молодняка крупного рогатого скота мясного направления продуктивности, потреблявшего минеральную кормовую добавку РУСМД / Суханова С.Ф., Позднякова Н.А., Усков Г.Е. // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. №4(48). С.181-185. doi: 10.18286/1816-4501-2019-4-181-185.
13. Siddiqi K.S., Ur Rahman A, Husen T. Biogenic fabrication of iron/iron oxide nanoparticles and their application. Nanoscale research letters. 2016ю Vol.11. No. 1:498. doi: 10.1186/s11671-016-1714-0.
14. Hajjalzadeh F, Ghahri H, Talebi A. Effects of supplemental chromium picolinate and chromium nanoparticles on performance and antibody titers of infectious bronchitis and avian influenza of broilerchickens under heat stress condition. Veterinary Research Forum. 2017. Vol. 8. No. 3. P. 259-264.
15. Zhang J, Spallholz J. Toxicity of selenium compounds and nano-selenium particles. In: Casciano D, Sahu SC, editors. Handbook of Systems Toxicology. West Sussex, UK: John Wiley and Sons; 2011.Vol. 1-15. doi: 10.1002/9780470744307.GAT243
16. Викторов П. И., Менькин В. К. Методика и организация зоотехнических опытов. М.: Агропромиздат, 2003. 112 с.
17. Суханова С. Ф., Позднякова Н. А., Ярославцев Ф. В. Эффективность использования добавки Русмд в рационах лактирующих коров // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2020. № 6. С. 28-37. doi: 10.33920/sel-05-2006-04.
18. Бышевский А. Ш., Терсенов О. А. Биохимия для врача.. Уральский рабочий. 1994. 383 с. ISBN 5-83383-048-1
19. Перспективность использования ультрадисперсной формы металлов в кормлении животных / Е. А. Сизова, К. С. Нечитайло, А.П.Иванищева и др. // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. №. 3. С. 177-189. doi: 10.33284/2658-3135-103-3-177
20. Алексеева Л. В., Васильева Л. Ю., Миловидова Е. Д. Взаимосвязь гомеостатических процессов с продуктивностью бычков при введении в рацион различных форм и доз хрома. Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. 2021. № 2 (62). С. 177-189. doi: 10.26456/vtbio206
21. Алексеева Л. В., Миловидова Е. Д. Влияние минерального препарата «silaccess» на морфологические показатели системы крови сукозных коз. Материалы Международной научно-практической конференции. Инновационные технологии в АПК: проблемы и перспективы. Тверь, 2021. С. 112-116.

#### References

1. Dyatlova N. M. Complexons and complexonates of metals / N. M. Dyatlova, V. Ya. Temkina, K.I. Popov. M.: Khimiya, 1988. 544 p. ISBN 5-7245-0107-4
2. Samokhin V. T. Prevention of microelement metabolism disorders of animals. Voronezh State University. Voronezh, 2003. 136 p. ISBN: 5-9273-0423-0
3. Changes in the physiological status of agricultural animals and poultry under the influence of biologically active additives / S. I. Nikolaev, A. K. Karapetyan, O. A. Budtuev et al. // Adv. Anim. Vet. Sci. Vol. 2019. 7(s1). P. 100-105. doi: 10.17582/journal.aavs/2019/7.s1.100.105 EDN: SPJCRG
4. Beef production using feed additives / A. T. Varakin, V. V. Salomatin, D. K. Kulik et al. / News of Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and higher professional education. 2021. No. 3 (63). P. 282-29.1 doi: 10.32786/2071-9485-2021-03-29
5. Hematological parameters of bulls in case of introduction of selenium-containing additives into diets / A. T. Varakin, A. A. Ryadnov, V.V. Salomatin, et al. // News of Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2021. No. 3 (63). P. 209-218 doi: 10.32786/2071-9485-2021-03-21
6. Fisinin V.I., Kryukov V., Surai P. Natural minerals in feeding of animals and poultry // Animal husbandry of Russia. 2008. No. 8. P. 66-68.
7. Sukhanova S. F., Yaroslavtsev F. V. Productivity and morphobiochemical blood parameters of lactating cows consuming mineral feed additives // News of Gorskiy State Agrarian University. 2020. V. 57. No. 2. P. 61-67.
8. Improvement of protein and mineral nutritional value of diets for sheep / S. I. Nikolaev, V. V. Shkalenko, O. V. Samofalova, et al. // News of Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2022. No. 1(65). P. 291-300. doi: 10.32786/2071-9485-2022-01-28.
9. Arsanukaev D. L., Zainalabdieva Kh. M., Shidaeva A. A. The influence of complexonates of essential microelements on physiological and biochemical status of blood of growing young cattle. Izvestiya of Orenburg State Agrarian University. 2023. No. 1 (99). P. 201-205.

10. Shidaeva A. A., Arsanukaev D. L. Innovative possibilities for improvement of microelement status in heart myocardium. *Izvestiya of Orenburg State Agrarian University*. 2021. No. 6 (92). P. 234-236.
11. Milovidova E. D. The influence of "silaccess" mineral product on physiological parameters of pregnant goats of the Saanen breed. Collection of articles of the III International Scientific and Practical Conference. *Advanced development of modern science: experience, problems, forecasts*. Petrozavodsk, 2021. P. 334-341.
12. Sukhanova S. F. Influence and relation of productive parameters of young beef cattle consuming the mineral feed additive RUSMD / Sukhanova S. F., Pozdnyakova N. A., Uskov G. E. // *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2019. No. 4(48). P.181-185. doi: 10.18286/1816-4501-2019-4-181-185.
13. Siddiqi K.S., Ur Rahman A, Husen T. Biogenic fabrication of iron/iron oxide nanoparticles and their application. *Nanoscale research letters*. 2016. Vol. 11. No. 1. P. 498. doi:10.1186/s11671-016-1714-0.
14. Hajializadeh F, Ghahri H, Talebi A. Effects of supplemental chromium picolinate and chromium nanoparticles on performance and antibody titers of infectious bronchitis and avian influenza of broiler chickens under heat stress condition. *Veterinary Research Forum*. 2017. Vol. 8. No. 3. P. 259-264.
15. Zhang J, Spallholz J. Toxicity of selenium compounds and nano-selenium particles. In: Casciano D, Sahu SC, editors. *Handbook of Systems Toxicology*. West Sussex, UK: John Wiley and Sons; 2011. Vol. 1-15. doi: 10.1002/9780470744307.GAT243
16. Viktorov P.I., Menkin V.K. *Methods and organization of zootechnical experiments*. M.: Agropromizdat, 2003. 112 p.
17. Sukhanova S. F., Pozdnyakova N. A., Yaroslavtsev F. V. Efficiency of using the Rusmd additive in the diets of lactating cows // *Feeding of agricultural animals and feed production*. 2020. No. 6. P. 28-37. doi: 10.33920/sel-05-2006-04.
18. Byshevsky A. Sh., Tersenov O. A. *Biochemistry for the doctor*. Ural worker. 1994. 383 p. ISBN 5-83383-048-1
19. Prospects for using ultradisperse forms of metals in animal feeding / E. A. Sizova, K. S. Nechitailo, A. P. Ivanishcheva, et al. // *Animal husbandry and feed production*. 2020. Vol. 103. No. 3. P. 177-189. doi: 10.33284/2658-3135-103-3-177
20. Alekseeva L.V., Vasilyeva L.Yu., Milovidova E.D. The relation of homeostatic processes with productivity of bull calves when various forms and doses of chromium are introduced into the diet. *Vestnik of Tver State University. Series: Biology and ecology*. 2021. No. 2 (62). P. 177-189. doi: 10.26456/vtbio206
21. Alekseeva L. V., Milovidova E. D. Effect of "silaccess" mineral product on morphological parameters of the blood system of pregnant goats. Materials of the International Scientific and Practical Conference. *Innovative technologies in the agro-industrial complex: problems and issues prospects*. Tver, 2021. P. 112-116.