

УДК: 57:579.636.5/.6:637.5

DOI:10.52419/issn2072-2419.2025.4.242

## ОЦЕНКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ ПО ОТНОШЕНИЮ К МЕДЬСОДЕРЖАЩИМ ДОБАВКАМ

**Капитонова Е.А.**<sup>1\*</sup> – д-р биол. наук, проф. каф. зооигиены и птицеводства имени А.К. Даниловой (ORCID 0000-0002-3549-5969); **Власенко Е.В.**<sup>2</sup> – маг. ветеринар. наук, асс. каф. частного животноводства (ORCID 0000-0002-6800-9517); **Дедкова А.Н.**<sup>1</sup> – асп. каф. зооигиены и птицеводства имени А.К. Даниловой (ORCID ID 0009-003-0903-5138)

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина»

<sup>2</sup> УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»

\*kapitonovalena1110@mail.ru

**Ключевые слова:** тест-микроорганизмы, зона роста, *Salmonella enterica*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, медь, медьсодержащие добавки, эссенциальный микроэлемент.

**Keywords:** test microorganisms, growth zone, *Salmonella enterica*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, copper, copper-containing additives, essential microelement.

Поступила 15.06.2025

Принята к публикации: 05.12.2025

Опубликована онлайн: 26.12.2025



### РЕФЕРАТ

Бактерицидные свойства меди известны с давних времен. Общая тенденция по вытеснению антибиотиков из промышленного животноводства, побудила нас к поиску и созданию новых добавок, обладающих бактерицидными свойствами. Нами была разработана и запатентована кормовая добавка адсорбент микотоксинов двойного действия «Cu-Актив». Нашей целью явилось проведение сравнительного анализа различных медьсодержащих кормовых добавок по заявленным показателям уровня меди, а также их влияние на чувствительность условно-патогенных и патогенных микроорганизмов. Образцы различных добавок с эссенциальным микроэлементом были приобретены в розничной сети, а значит доступны потребителям. Во избежание рекламы и антирекламы в статье указывается только испытываемая форма меди и страна изготовитель, фирма производитель не указывается. При выполнении работ *in vitro* мы руководствовались утвержденными стандартными методиками. Нами было изучено сравнительное действие 5 медьсодержащих добавок, в различных концентрациях и формах применения. Все испытываемые добавки показали высокую степень концентрации меди как действующего вещества. Среднеквадратичное отклонение не превышало нормативных показателей и колебалось в пределах – 0,67-3,93 %. Нами созданная добавка «Cu-Актив» имела наивысшую концентрацию мик-

роэлемента и в 1,7-5,9 раза показала лучший результат, по сравнению с другими добавками. Нами было достоверно установлено, что хелатные формы меди практически не оказывают влияние на зону задержки роста микроорганизмов, в то время как сульфатные формы медьсодержащих композиций, особенно в сухом виде, обладают средней и высокой степенью чувствительности задержки роста различных тест-микроорганизмов (*Salmonella enterica*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*). Доказано, что созданная нами добавка адсорбент микотоксинов двойного действия, по комплексу полученных результатов, не уступает импортным аналогам и обладает высоким конкурентным преимуществом.

#### ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Актуальность применения эссенциальных микроэлементов для повышения продуктивности сельскохозяйственных животных возрастает с каждым годом. Многими учеными установлено их положительное влияние продуктивность и жизнеспособность различных видов сельскохозяйственных животных [1].

Однако, возрастающий поток фальсификатов кормовых добавок, либо некачественно подготовленные к скармливанию компоненты корма, могут не только негативно отражаться на зоотехнических показателях, но и нанести непоправимый вред благополучию поголовья [2].

В эпоху борьбы с антибиотикорезистентностью наше внимание привлекли различные медьсодержащие добавки, которые активно продвигаются на Евразийском рынке. Установлено, что медь может выступать в качестве антисептика и подавлять развитие патогенной и условно-патогенной микрофлоры. Она обладает широким спектром бактерицидной активности [1, 5]. Она применяется в различных отраслях, в том числе в медицине, сельском и домашнем хозяйстве.

Медь, являясь одним из важнейших эссенциальных микроэлементов она принимает участие в построении белков и ферментов (супероксиддисмутазы), в процессе роста и развития клеток, синтезе коллагена, укрепляет костную ткань, препятствует вымыванию минералов, предотвращает остеопороз, стимулирует образование эластина, активизирует работу иммунитета, участвует в синтезе эритроцитов и лейкоцитов, транспортирует железо [1, 2].

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

С целью соответствия заявленным показателям уровня меди нами были изучены различные кормовые медьсодержащие добавки, которые представлены на отечественном рынке кормовых добавок. Также нами было проведено определение чувствительности штаммов *Salmonella enterica*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa* к различным медьсодержащим добавкам.

При осуществлении экспериментальных исследований мы руководствовались утвержденными методиками. Исследования по изучению влияния различных медьсодержащих добавок на задержку роста некоторых тест-микроорганизмов проводились в отраслевой лаборатории ветеринарной биотехнологии и заразных болезней животных УО ВГАВМ.

Одноразовые 25 чашек Петри залили агаром Мюллера-Хинтон (Mueller Hinton Agar), затем сделали по 7 лунок в каждой. Далее сделали посев 5 видов культур и внесли в лунки № 1, 2 и 3 – растворы медьсодержащих добавок, а в лунки № 4, 5 и 6 – медьсодержащие добавки в сухом виде. Лунка №7 являлась контролем, в нее ничего не вносили. Для навески добавок использовали лабораторные электронные весы с точностью до 0,00001 г.

Для определения чувствительности вышеуказанных микроорганизмов сухой порошкообразный агар Мюллера-Хинтон (Mueller Hinton Agar) растворили в дистиллированной воде в соответствии с инструкцией производителя. После автоклавирования разлили его по чашкам Петри слоем, который не превышал толщину в 4 мм. После застывания агара на 24 часа поместили чашки в термостат при температуре 37°C для инкубации. Затем

провели учет зон задержки роста путем линейного измерения [3, 4].

Схема опыта представлена в таблице 1.

Согласно методическим указаниям считали зону задержки роста до 15 мм – слабой чувствительности, в 15-24 мм – средней чувствительности и более 24 мм – высокой чувствительности микроорганизмов к бактерицидным свойствам медь-содержащих добавок.

Количественное содержание меди в различных кормовых добавках определяли атомно-абсорбционным спектрометре МГА 1000. Чувствительность тест-микроорганизмов определяли согласно:

«Методические указания по отбору биологического материала для лабораторных исследований», МУ № 02-1-31/33, утв. ректором УО ВГАВМ от 29.11.2017 г.; Методические рекомендации по постановке тестов ингибирования роста бактерий, выделенных в ветеринарных лабораториях при диагностике болезней животных. утв. ГУВ МСХиП РБ 03.03.2008 (№10-1-5/131); Методическое указание по определению чувствительности к антибиотикам возбудителей инфекционных болезней сельскохозяйственных животных. Утв. ГУВ МСХиП РБ 17.12.2007 (№10-2-5/1112).

Таблица 1 – Схема опыта

Номер группы	Номер подгруппы	Страна производитель	Норма ввода добавки
1	1	Бельгия	0,2 мл 2% раствор хелата меди
	2		0,2 мл 5% раствор хелата меди
	3		0,2 мл 10% раствор хелата меди
	4		0,0015 г хелата меди
	5		0,003 г хелата меди
	6		0,0045 г хелата меди
2	1	Российская Федерация	0,2 мл 2% раствор хелата меди
	2		0,2 мл 5% раствор хелата меди
	3		0,2 мл 10% раствор хелата меди
	4		0,0015 г хелата меди
	5		0,003 г хелата меди
	6		0,0045 г хелата меди
3	1	Республика Беларусь	0,2 мл 2% раствор сульфата меди
	2		0,2 мл 5% раствор сульфата меди
	3		0,2 мл 10% раствор сульфата меди
	4		0,0015 г сульфата меди
	5		0,003 г сульфата меди
	6		0,0045 г сульфата меди
4	1	Республика Польша	0,2 мл 2% раствор сульфата меди
	2		0,2 мл 5% раствор сульфата меди
	3		0,2 мл 10% раствор сульфата меди
	4		0,0015 г сульфата меди
	5		0,003 г сульфата меди
	6		0,0045 г сульфата меди
5	1	Республика Беларусь	0,2 мл 2% раствор «Cu-Актив»
	2		0,2 мл 5% раствор «Cu-Актив»
	3		0,2 мл 10% раствор «Cu-Актив»
	4		0,0015 г «Cu-Актив»
	5		0,003 г «Cu-Актив»
	6		0,0045 г «Cu-Актив»

Анализ полученных результатов проведения научно-исследовательской работы проводили в соответствии с методическими указаниями по методам контроля МУК 4.2.1890-04 Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам. Методические указания» (ФЦ госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004 г.) и рекомендаций Европейского комитета по определению чувствительности к антимикробным препаратам (EUCAST, v. 14.0) [3, 4].

При проведении научно-исследовательской работы *in vitro* параметры микроклимата находились в норме, температура в помещении 21 °С, относительная влажность 60 %.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Отметим, что во избежание коммерческого конфликта интересов, нами указаны только формы реализуемой меди и страна производитель. Название и юридический адрес компаний их производящих, нами намерено не указываются.

Полученные результаты исследования количественного содержания меди в различных медьсодержащих добавках, по заявленным концентрациям, представлены в таблице 2.

Как видно из представленных в таблице 2 показателей, при контрольной закупке различных медьсодержащих добавок, реализуемых в розничной сети, все бренды соответствовали качеству по заявленным показателям. Среднеквадратичное отклонение содержания меди в композициях составило – 0,67-3,93 %. В связи с тем, что медьсодержащие добавки могут применяться в качестве дезинфицирующих препаратов, подкормок для растений, кормовых добавок для животных и других целей, а их передозировка может привести к непоправимым последствиям,

гарантия качества является одним из наиболее важных показателей.

В связи с тем, что нас также интересовали качественные показатели добавки из 5-й группы (RU № 2774808, RU № 2780152) в сравнительном аспекте, отметим, что она имела наименьшие отклонения от заявленного содержания эссенциального микроэлемента напыленного на адсорбент микотоксинов. При сравнительном анализе результатов подопытных групп отметим, что добавка «Cu-Актив» в 1,7-5,9 раза превышала качественное содержание меди, по сравнению с другими композициями.

Наиболее важным элементом определения чувствительности микроорганизмов и интерпретации полученных результатов, является питательная среда, в которой происходят два взаимно противоположных процесса: с одной стороны, диффузия антибиотика (в нашем случае – медьсодержащие добавки), с другой стороны – рост и размножение микроорганизмов. Данный метод определения чувствительности к антимикробным препаратам является одним из первых методов и до настоящего времени остается наиболее распространенным в практических бактериологических лабораториях. Метод может применяться для исследования большинства бактериальных возбудителей, в том числе и наиболее распространенных бактерий со сложными питательными потребностями, является универсальным для широкого круга антибиотиков, не требует использования специального оборудования и, при условии строгого соблюдения процедуры тестирования, а также использования качественных материалов (дисков и сред), обеспечивает получение достоверных результатов [3, 4].

Таблица 2 – Результаты исследования задержки роста микроорганизмов

Группа	Содержание меди, мг/кг	СКО, %
1 группа	483,30	1,17
2 группа	557,90	1,21
3 группа	306,70	2,60
4 группа	445,70	3,93
5 группа	77,60	0,67

Примечание: СКО – среднеквадратичное отклонение для МГА 1000 не более 60 %.

В таблице 3 приведены результаты исследований чувствительности наиболее распространенных и клинически значимых патогенов с высоким уровнем антибактериальной устойчивости, которую определяли диско-диффузионным методом.

Как видно из представленных данных, при оценке чувствительности тест-микробов (*Salmonella enterica*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*) действием хелатных форм меди, представленных в 1-й и 2-й группах, в

жидкой форме не оказывают влияние на патогенные и условно-патогенные микроорганизмы и не могут выступать в качестве дезинфектантов и санитарно-гигиенических средств. В сухой форме вышеуказанные образцы оказывают слабую степень чувствительности на *K. pneumoniae*, *S. Aureus* и *P. aeruginosa* (см. рисунок). При этом отметим положительный факт, что хелатные формы микроэлементов, для использования в продуктивном животноводстве, не токсичны и их всасывание в желудочно-кишечном тракте осуществляется на 40-50 %.

Таблица 3 – Результаты исследования задержки роста микроорганизмов

Группа	Под-группа	Диаметр зон задержки роста микроорганизмов, мм				
		<i>Salmonella enterica</i> (ATCC ВАА-2162)	<i>Klebsiella pneumoniae</i> (ATCC 700603)	<i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 6538)	<i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922)	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (ATCC 9027)
1 группа	1	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-
	3	-	5	-	-	-
	4	-	10	17	-	10
	5	-	15	12	-	12
	6	-	8	15	-	8
2 группа	1	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-
	4	-	-	-	-	10
	5	-	-	6	-	12
	6	-	6	6	-	8
3 группа	1	-	8	-	-	8
	2	12	7	10	10	-
	3	14	14	16	12	8
	4	18	15	16	10	14
	5	15	14	20	14	20
	6	18	22	22	16	26
4 группа	1	14	12	13	12	14
	2	22	14	18	22	15
	3	20	14	24	20	20
	4	22	18	25	23	24
	5	18	23	26	22	22
	6	22	22	25	22	21
5 группа	1	13	11	17	14	9
	2	16	20	22	22	13
	3	18	18	20	24	23
	4	16	18	22	21	18
	5	12	16	20	23	14
	6	15	12	24	16	17

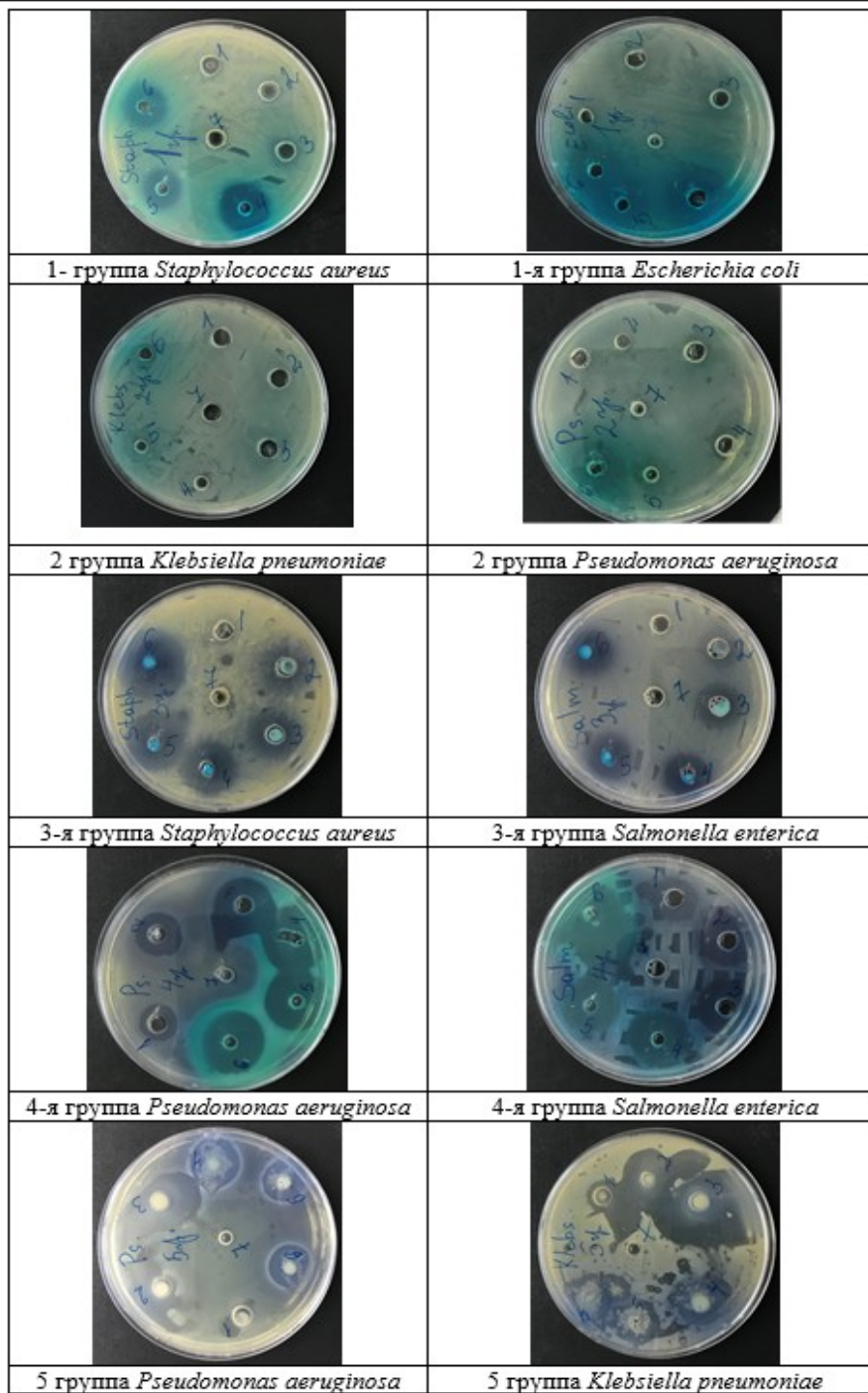


Рисунок 1 – Оценка чувствительности тест-микробов при воздействии различными медьсодержащими добавками в подопытных группах.

При сравнительном анализе добавок сульфатных форм меди в 3-й, 4-й и 5-й группах (таблица 3, рисунок) отметим, что как в жидкой, так и в сухой форме применения они показывают среднюю и высокую степень чувствительности, по отношению к условно-патогенным и патогенным микроорганизмам. В 4-й группе отмечена абсолютно высокая степень чувствительности добавки в сухой форме по отношению к *S. aureus*.

Полученные данные свидетельствуют о более выраженных бактерицидных свойствах солей микроэлементов, чем хелатов, что влечет за собой определенную ответственность при их дозировании и использовании. В определенной степени они могут выступать как альтернативы антибиотикам. Всасывание микроэлементов в желудочно-кишечном тракте из солей не высоко и достигает 10-18 %. Однако передозировка солей или их пролонгированное использование высоких пределов нормы ввода, могут привести к фатальным результатам.

Разработанная нами, добавка двойного действия «Cu-Актив» (адсорбент микотоксинов обогащенный эссенциальным микроэлементом), в различных концентрациях, на все микроорганизмы реагировала со средней степенью чувствительности. При этом в высоких концентрациях она активно подавляла *S. aureus* и *E. coli*. Считаем, что в современных политических и экономических условиях, отечественная добавка «Cu-Актив», содержащая эссенциальный элемент медь, перспективна и может выступать в качестве альтернативного импортозамещающего бактерицидного средства, которое необходимо применять в дозировках, указанных в инструкции по применению.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Все микроэлементные добавки поступающие на рынок страны предоставляют качественные сертификаты соответствия, либо дополнительно проходят процедуру проверки соответствия по заявленным показателям.

Применение той или иной добавки содержащей эссенциальные элементы, в

частности медь, является личным предпочтением потребителя, которое может основываться на ценовой позиции.

На основании проведенных исследований нами было достоверно установлено положительное влияние медьсодержащих композиций на задержку роста различных тест-микроорганизмов (*Salmonella enterica*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*).

#### ASSESSMENT OF MICROORGANISMS SENSITIVITY TO COPPER-CONTAINING ADDITIVES

**Kapitonova E.A.** <sup>1\*</sup> – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Zoohygiene and Poultry Farming named after A.K. Danilova (ORCID ID 0000-0002-3549-5969); **Vlasenko E.V.** <sup>2</sup> – Master of Veterinary Sciences, Assistant of the Department of Private Animal Husbandry (ORCID ID 0000-0002-6800-9517); **Dedkova A.N.** <sup>1</sup> – Postgraduate Student of the Department of Zoohygiene and Poultry Farming named after A.K. Danilova (ORCID ID 0009-003-0903-5138)

<sup>1</sup> FSBEI HE «Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology MVA by K. I. Skryabin»

<sup>2</sup> Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine

\*kapitonovalena1110@mail.ru

#### ABSTRACT

The bactericidal properties of copper have been known for a long time. The general trend of displacing antibiotics from industrial livestock farming prompted us to search for and create new additives with bactericidal properties. We have developed and patented the feed additive adsorbent of mycotoxins of double action "Cu-Active". Our goal was to conduct a comparative analysis of various copper-containing feed additives according to the declared copper level indicators, as well as their effect on the sen-

sitivity of opportunistic and pathogenic microorganisms. Samples of various additives with an essential microelement were purchased in the retail network, and therefore available to consumers. To avoid advertising and anti-advertising, the article specifies only the tested form of copper and the country of manufacture, the manufacturer is not specified. When performing *in vitro* work, we were guided by approved standard methods. We studied the comparative effect of 5 copper-containing additives in various concentrations and forms of application. All tested additives showed a high degree of copper concentration as an active substance. The standard deviation did not exceed the standard values and fluctuated within the range of 0.67-3.93%. The additive we created, "Cu-Active", had the highest concentration of the microelement and showed 1.7-5.9 times better results compared to other additives. We have reliably established that chelated forms of copper have virtually no effect on the zone of growth inhibition of microorganisms, while sulfate forms of copper-containing compositions, especially in dry form, have a medium and high degree of sensitivity to growth inhibition of various test microorganisms (*Salmonella enterica*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*). It has been proven that the dual-action mycotoxin adsorbent additive we created is not inferior to imported analogues in terms of the range of results obtained and has a high competitive advantage.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Подобед Л.И., Брыло И.В., Капитонова Е.А. Особенности кормления сельскохозяйственных птиц : монография. Минск: ИВЦ Минфина, 2023. 339 с.
2. Производственные риски в промышленном птицеводстве и минимизация потерь: монография / Т.М. Околелова и др. Минск: ИВЦ Минфина, 2024. 104 с.: ил.

3. Методы исследований в ветеринарной микробиологии, вирусологии, эпизоотологии, микологии с микотоксикологией и иммунологии: краткий курс лекций для аспирантов 3 года обучения направления подготовки 36.06.01 «Ветеринария и зоотехния» / Сост.: Е.С. Краникова, А.В. Агольцов // ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2014. – 51 с.
4. Российские рекомендации. Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам. Версия 2024-02. Год утверждения (частота пересмотра): 2024 (пересмотр ежегодно). — МАКМАХ, СГМУ: Смоленск, 2024. — 192 с.
5. Технологии производства и переработки продукции животноводства: учебное пособие / Улимбашев М.Б. [и др.]. // ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»; изд-во «Ставрополь-Сервис-Школа». – Ставрополь, 2024. – 207 с.

#### REFERENCES

1. Podobed L.I., Brylo I.V., Kapitonova E.A. Features of feeding agricultural birds: monograph. Minsk: Information and Communication Center of the Ministry of Finance, 2023. 339 p.
2. Production risks in industrial poultry farming and minimization of losses: monograph / T.M. Okolelova et al. Minsk: Information and Communication Center of the Ministry of Finance, 2024. 104 p.: ill.
3. Research methods in veterinary microbiology, virology, epizootology, mycology with mycotoxicology and immunology: a short course of lectures for 3rd year postgraduate students in the field of study 36.06.01 "Veterinary Science and Animal Science" / Comp.: E.S. Kranikova, A.V. Agoltsov // FGBOU HPE "Saratov State Agrarian University". - Saratov, 2014. - 51 p.
4. Russian recommendations. Determination of the susceptibility of microorganisms to antimicrobial drugs. Version 2024-02. Year of approval (revision frequency): 2024 (revision annually). — МАКМАХ, SSMU: Smolensk, 2024. — 192 p.
5. Technologies of production and processing of livestock products: a textbook / Ulimbashev M.B. [et al.]. // FGBNU "North Caucasian Federal Scientific Center"; publishing house "Stavropol-Service-School". - Stavropol, 2024. - 207 p.