

Научная статья/Research article

УДК 615:615.3:615.9:616.98.852.13

DOI: 10.36718/1819-4036-2026-1-180-189

Фаниль Заудятович Баймухаметов<sup>1</sup>, Дамир Абдулхаевич Хузин<sup>2</sup>, Евгения Юрьевна Тарасова<sup>3</sup>,  
Эдуард Ильясович Семенов<sup>4</sup>, Айнур Ильнурович Яруллин<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности, Казань,  
Россия

<sup>1</sup>sun-terra@mail.ru

<sup>2</sup>hda55@mail.ru

<sup>3</sup>evgenechka1885@gmail.com

<sup>4</sup>semyonovei@bk.ru

<sup>5</sup>abii@mail.ru

## ИСПЫТАНИЕ ИНГИБИТОРОВ МЕТАЛЛО-БЕТАЛАКТАМАЗ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ К АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМ ПРЕПАРАТАМ ДИСКО-ДИФФУЗНЫМ МЕТОДОМ

Цель исследования – оценить влияние ингибиторов металло-β-лактамаз (МБЛМ) на сохранение антимикробной активности антибиотиков на микроорганизмы. Задачи: подбор, синтез и оценка комплексообразующих веществ, способных формировать устойчивые комплексы с цинком – металлом, входящим в активный центр МБЛМ, и оценка их совместимости с антибиотиками; определение оптимального соотношения антибиотика и ингибитора металло-β-лактамаз (ИМБЛМ); оценка антимикробной активности комбинаций антибиотика с ингибитором металло-β-лактамаз (ИМБЛМ) на смешанной культуре микроорганизмов бактерий – возбудителях болезней дистального отдела конечностей (*Staphylococcus spp.*) и на тест-культуре гриба (*Candida tropicalis*). Сбор и анализ данных проведены согласно руководству 4.2.3676-20 «Методы лабораторных исследований и испытаний дезинфицирующих средств для оценки их эффективности и безопасности» в 2025 г. в лаборатории ветеринарной санитарии отделения биотехнологии Федерального центра токсикологической, радиационной и биологической безопасности, а также в лаборатории микотоксинов отделения токсикологии. Тест-культуры были получены в коллекции микроорганизмов ФЦТРБ-ВНИВИ. Выбор компонентов ингибиторов металло-β-лактамаз (ИМБЛМ) был обоснован комплексообразующими свойствами ионов цинка, входящих в активный центр β-лактамаз. Все опытные образцы с расчетным содержанием ИМБЛ на основе бензилпенициллина, амоксициллина и цефтиофора проявили антимикробную активность в отношении микроорганизмов (*Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Streptococcus spp.*, *Staphylococcus spp.*, *Candida tropicalis*). Наиболее выраженная антимикробная и антирезистентная активность отмечалась при использовании цефтиофора и амоксициллина при добавлении хелатирующего агента – ЭДТА: усиливалась почти вдвое. В случае применения амоксициллина выраженный эффект проявлялся при использовании в качестве ИМБЛМ золедроновой кислоты, однако при использовании тартрата отмечается обратный эффект, поэтому необходимо исключать тартрат из состава потенциальных ИМБЛМ в случае использования амоксициллина (а также любых АБ, имеющих свободную фенольную группу в составе молекулы). Хелатирующие агенты с высокой молекулярной массой, в частности подобные ЭДТА, обладают ингибирующим действием на смешанную культуру микроорганизмов, штаммы *Staphylococcus aureus* и даже чрезвычайно устойчивые к воздействию антибиотиков дрожжевые микроскопические грибы (*Candida tropicalis*). Результаты исследования позволят разработать новые рецептуры препаратов с использованием ИМБЛМ.

**Ключевые слова:** бета-лактамные антибиотики,  $\beta$ -лактамазы, новые ингибиторы металло- $\beta$ -лактамаз, комплексы цинка, цефтиофур, амоксициллин, *Staphylococcus aureus*, *Candida tropicalis*, смешанная культура микроорганизмов

**Для цитирования:** Баймухаметов Ф.З., Хузин Д.А., Тарасова Е.Ю., и др. Испытание ингибиторов металло-беталактамаз для определения чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам диско-диффузным методом // Вестник КрасГАУ. 2026. № 1. С. 180–189. DOI: 10.36718/1819-4036-2026-1-180-189.

**Fanil Zaudyatovich Baimukhametov<sup>1</sup>, Damir Abdulkhaevich Khuzin<sup>2</sup>, Evgenia Yuryevna Tarasova<sup>3</sup>, Eduard Ilyasovich Semenov<sup>4</sup>, Ainur Ilnurovich Yarullin<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, Kazan, Russia

<sup>1</sup>sun-terra@mail.ru

<sup>2</sup>hda55@mail.ru

<sup>3</sup>evgenechka1885@gmail.com

<sup>4</sup>semyonovei@bk.ru

<sup>5</sup>abii@mail.ru

## TESTING METAL-BETA-LACTAMASE INHIBITORS TO DETERMINE MICROORGANISMS SENSITIVITY TO ANTIBACTERIAL DRUGS BY THE DISC-DIFFUSE METHOD

The aim of the study is to evaluate the effect of metallo- $\beta$ -lactamase inhibitors (MBLIs) on preserving the antimicrobial activity of antibiotics against microorganisms. Objectives: selection, synthesis, and evaluation of complexing agents capable of forming stable complexes with zinc, a metal contained in the active center of MBLIs, and evaluation of their compatibility with antibiotics; determination of the optimal ratio of antibiotic to metallo- $\beta$ -lactamase inhibitor (MBLI); evaluation of the antimicrobial activity of combinations of an antibiotic with a metallo- $\beta$ -lactamase inhibitor (MBLI) on a mixed culture of bacterial microorganisms causing diseases of the distal extremities (*Staphylococcus spp.*) and on a fungal test culture (*Candida tropicalis*). Data collection and analysis were conducted according to Guideline 4.2.3676-20 "Methods of laboratory research and testing of disinfectants to assess their efficacy and safety" in 2025 in the Veterinary Sanitation Laboratory of the Biotechnology Department of the Federal Center for Toxicology, Radiation, and Biological Safety, as well as in the Mycotoxins Laboratory of the Toxicology Department. Test cultures were obtained from the microorganism collection of the Federal Center for Toxicology and Radiation Safety (FCTR-BVNIVI). The choice of metallo- $\beta$ -lactamase inhibitor (MBL) components was based on the complexing properties of zinc ions, which are part of the active site of  $\beta$ -lactamases. All test samples with the calculated content of IMBL based on benzylpenicillin, amoxicillin and ceftiofur showed antimicrobial activity against microorganisms (*Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Streptococcus spp.*, *Staphylococcus spp.*, *Candida tropicalis*). The most pronounced antimicrobial and anti-drug resistance activity was observed with ceftiofur and amoxicillin when EDTA, a chelating agent, was added: it increased almost twofold. When using amoxicillin, a pronounced effect was observed when zoledronic acid was used as an IMBLM. However, when using tartrate, the opposite effect was observed. Therefore, tartrate should be excluded from potential IMBLM formulations when using amoxicillin (as well as any antibiotics containing a free phenolic group). High-molecular-weight chelating agents, particularly those like EDTA, exhibit inhibitory effects on mixed microbial cultures, *Staphylococcus aureus* strains, and even extremely antibiotic-resistant yeasts (*Candida tropicalis*). The study results will enable the development of new formulations of drugs using IMBLM.

**Keywords:** beta-lactam antibiotics,  $\beta$ -lactamases, new metallo- $\beta$ -lactamase inhibitors, zinc complexes, ceftiofur, amoxicillin, *Staphylococcus aureus*, *Candida tropicalis*, mixed culture of microorganisms

**For citation:** Baymookhametov FZ, Khusin DA, Tarasova EY, et al. Testing metal-betalactamase inhibitors to determine microorganisms sensitivity to antibacterial drugs by the disc-diffuse method. *Bulletin of KSAU*. 2026;(1):180-189. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2026-1-180-189.

**Введение.** В ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности» большое внимание уделяется изучению микроорганизмов, вызывающих инфекционные болезни у животных [1–11]. Современные данные подтверждают значительную роль сапрофитных и условно-патогенных микроорганизмов, а также их ассоциаций в развитии инфекционных заболеваний животных [12]. Микробиологическое исследование кожных покровов и глубжележащих тканей животных является важным диагностическим инструментом

для идентификации этиологических агентов инфекций, вызывающих различные заболевания у животных и воздействия на них различных лекарственных препаратов [13]. Выбор конкретного препарата, его эффективность дозировка и длительность терапии определяются видом микроорганизмов, тяжестью вызываемых ими инфекций и общим состоянием здоровья животного.

Механизм действия  $\beta$ -лактамных антибиотиков заключается в подавлении активности ферментов, необходимых для построения клеточной стенки микроорганизмов (рис. 1).

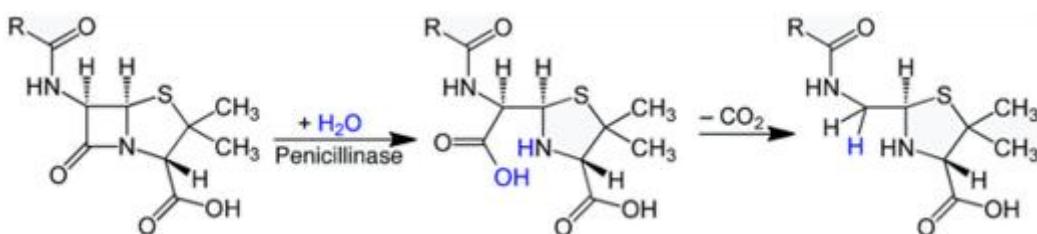


Рис. 1. Схема подавления активности металло- $\beta$ -лактамаз ингибиторами  
Method for inhibiting the activity of metallo- $\beta$ -lactamases with inhibitors

Вместе с тем микроорганизмы обладают способностью адаптироваться к применяемым антимикробным средствам, развивая устойчивость (резистентность) к ним, поэтому представляло интерес изучить механизм действия  $\beta$ -лактамных антибиотиков и разработать методы разрушения механизма формирования резистентности у микроорганизмов к  $\beta$ -лактамным антибиотикам, связанные с инактивацией ферментов, участвующих в синтезе клеточной стенки бактерий.

В связи с этим повышение эффективности антибиотиков на фоне растущей антибиотикорезистентности остается одной из ключевых задач современной биотехнологии.

**Цель исследования** – оценить влияние ингибиторов металло- $\beta$ -лактамаз (МБЛМ) на сох-

ранение антимикробной активности антибиотиков на микроорганизмы.

**Задачи:** подбор, синтез и оценка комплексообразующих веществ, способных формировать устойчивые комплексы с цинком — металлом, входящим в активный центр МБЛМ и их совместимость с антибиотиками (рис. 2); определение оптимального соотношения антибиотика и ингибитора металло- $\beta$ -лактамаз (ИМБЛМ); оценка антимикробной активности комбинаций антибиотика с ингибитором металло- $\beta$ -лактамаз (ИМБЛМ) на смешанной культуре микроорганизмов бактерий – возбудителях болезней дистального отдела конечностей (*Staphylococcus spp.*) и на тест-культуре гриба (*Candida tropicalis*),

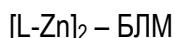


Рис. 2. Схематическое представление комплексов ИМБЛМ с двумя ионами цинка  
Schematic representation of IMBLM complexes with two zinc ions

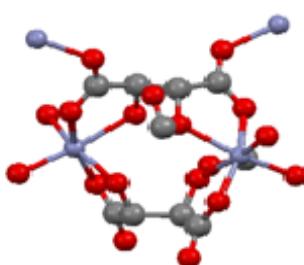
**Объекты и методы.** Сбор и анализ данных проведены согласно Р 4.2.3676-20. «Методы лабораторных исследований и испытаний дезинфекционных средств для оценки их эффективности и безопасности (утв. Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты

прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации А.Ю. Поповой 18.12.2020) в 2025 г. в лаборатории ветеринарной санитарии отделения биотехнологии ФГБНУ «Федерального центра токсикологической, радиационной и био-

логической безопасности», а также в лаборатории микотоксинов, отделения токсикологии. Тест-культуры были получены в коллекции микроорганизмов ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ». Выбор компонентов ингибиторов металло- $\beta$ -лактамаз (ИМБЛ) был обоснован комплексообразующими свойствами ионов цинка, входящих в активный центр  $\beta$ -лактамаз.

**Результаты и их обсуждение.** Ранее нами совместно с сотрудниками Института органической и физической химии им. А.Е. Арбузова ФИЦ КазНЦ РАН из опытной комплексообразующей

реакционной смеси с различными антибиотиками был выделен и охарактеризован устойчивый тартрат-цинковый комплекс (рис. 3). Определена характерная для этого вещества температура плавления  $>250$  °C, а структура выпавшего кристаллического осадка достоверно подтверждена методом рентгеноструктурного анализа. Наличие в составе комплекса ионов цинка как комплексообразующего центра послужило основанием для использования тартратов в качестве прочных комплексообразующих лигандов.

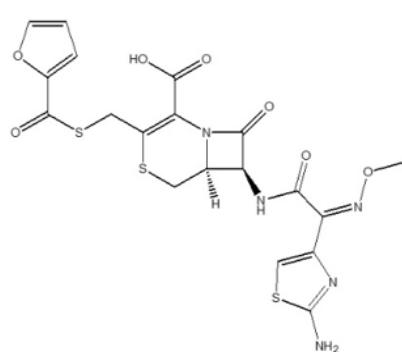


*Рис. 3. Результаты рентгеноструктурного анализа цинк-тартратного комплекса (ионы цинка показаны серым цветом)*

*Results of X-ray structural analysis of zinc tartrate complex (zinc ions are shown in grey)*

Для лечения заболеваний крупного рогатого скота применяется  $\beta$ -лактамный антибиотик IV поколения – цефтиофур гидрохлорид (рис. 4), содержащий  $\beta$ -лактамное кольцо, однако, как и другие препараты этого класса, он обладает характерным недостатком, т.к. до сегодняшнего

дня не существует доступных ингибиторов металло- $\beta$ -лактамаз (ИМБЛ) эффективно противодействующих формированию антимикробной резистентности за счет воздействия на металло- $\beta$ -лактамазы (МБЛМ) микроорганизмов.



*Рис. 4. Химическое строение антибиотика цефтиофура, содержащего в молекуле  $\beta$ -лактамный цикл*

*Chemical structure of the antibiotic ceftiofur, which contains a  $\beta$ -lactam ring in its molecule*

**Результаты и их обсуждение.** Цефтиофура гидрохлорид широко используется для лечения болезней копытец у крупного рогатого скота. В связи с этим для дальнейших исследований были подготовлены экспериментальные образ-

цы с различными концентрациями и соотношениями этого антибиотика и ИМБЛМ при воздействии на смешанную культуру микроорганизмов вызывающие болезни копытец у коров. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1

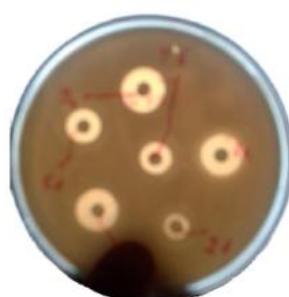
**Антимикробная активность разных соотношений антибиотика  
и ингибитора металло-β-лактамаз на смешанную культуру микроорганизмов**  
**Antimicrobial activity of different ratios of antibiotic and  
metallo-β-lactamase inhibitor on a mixed microbial culture**

Опытный образец	Состав водных растворов	Зона задержки роста, мм
№1 (контроль)	Цефтиофур 10 (мг/мл), тартрат 10 (мг/мл)	20
	Цефтиофур 10 (мг/мл)	14
№2 (контроль)	Цефтиофур 10 (мг/мл), ЭДТА 10 (мг/мл)	16
	Цефтиофур 10 (мг/мл)	9
№3 (контроль)	Цефтиофур 10 (мг/мл), золедроновая кислота 1 (мг/мл)	21
	Цефтиофур 10 (мг/мл)	13

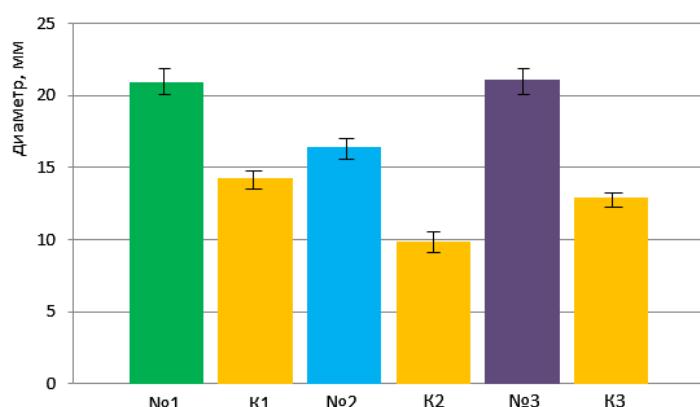
Результаты исследований (табл. 1, рис. 5, 6) свидетельствуют, что исследуемые ингибиторы, такие как: тартраты, хелатирующий агент – этилендиаминетрауксусная кислота (ЭДТА) и бисфосфониевая кислота с радикально замещенными группами (золедроновая кислота) снижают резистентность к данному антибиотику смешанной культуры микроорганизмов (*Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Streptococcus* spp., *Staphylococcus* spp.). Наибольший выраженный

антимикробный эффект был достигнут в опыте с ЭДТА (зона задержки роста – 16 мм, больше на 7 мм по сравнению с контролем 9 мм), меньший – в первом опыте (зона задержки роста – 20 мм при контроле 14 мм) – больше, чем у контрольного значения на 6 мм.

Графическое изображение зон задержки роста смешанной культуры микроорганизмов экспериментальными образцами (АБ + ИМБЛМ) представлены на рисунке 6.



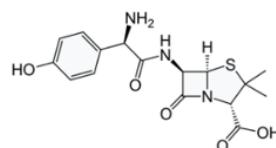
**Рис. 5. Определение чувствительности смешанной культуры к ИМБЛМ  
диско-диффузионным методом**  
**Determination of the sensitivity of a mixed culture to IMBLM using the disk diffusion method**



**Рис. 6. Графическое изображение зон задержки роста, мм (желтые – контроль)**  
**Results of measuring delay zones, mm (yellow – control)**

В следующей серии опытов проведены исследования препаратов на основе амоксициллина с ИМБЛМ (рис. 7) в отношении *Staphylococcus aureus*. Известно, что амоксициллин проявляет активность против некоторых штаммов золотистого стафилококка, однако неэффективен в отношении метициллин-резистентных штаммов, поскольку последние выработали

устойчивость ко всем  $\beta$ -лактамным антибиотикам, включая амоксициллин. Для повышения эффективности амоксициллина против стафилококков его часто комбинируют с клавулановой кислотой – ингибитором  $\beta$ -лактамаз (в частности, пенициллиаз), который защищает амоксициллин от ферментативного разрушения.



*Рис. 7. Молекулярное строение амоксициллина с  $\beta$ -лактамным циклом в своей структуре*  
*Chemical structure of the antibiotic amoxicillin, which contains a  $\beta$ -lactam ring in its molecule*

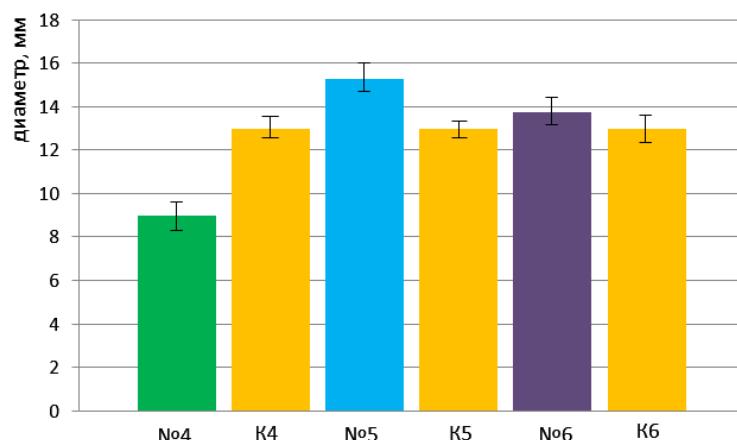
Амоксициллин отмечается высокой эффективностью в отношении штаммов *Staphylococcus spp.*, не продуцирующих пенициллину. В случае инфекций, вызванных резистентными штаммами, применяют антибиотики других классов, например цефалоспорины последнего поколения.

В таблице 2 представлены результаты изучения antimикробной активности разных концентраций амоксициллина и его активности с ИМБЛМ.

На рисунке 8 представлено графическое изображение значений зон задержки роста *Staphylococcus aureus*.

*Таблица 2*  
**Антимикробная активность амоксициллина с ИМБЛМ в отношении *Staphylococcus aureus***  
**Antimicrobial activity of amoxicillin with IMBLM against *Staphylococcus aureus***

Опытный образец	Состав водных растворов	Зона задержки роста, мм
№ 4	Амоксициллин 10 (мг/мл), тартрат 10 (мг/мл)	9
Контроль	Амоксициллин 10 (мг/мл)	12
№ 5	Амоксициллин 10 (мг/мл), ЭДТА 10 (мг/мл)	15
Контроль	Амоксициллин 10 (мг/мл)	13
№ 6	Амоксициллин 10 (мг/мл), золедроновая кислота 1 (мг/мл)	13,7
Контроль	Амоксициллин 10 (мг/мл)	13



*Рис. 8. Графическое изображение значений зон задержки роста *Staphylococcus aureus*, мм  
(желтые – контроль)*  
*Graphic representation of the values of the growth inhibition zones of *Staphylococcus aureus*, mm  
(yellow – control)*

В случае использования ЭДТА в составе препарата на основе амоксициллина также наблюдается (рис. 8) максимальная активность с ингибированием и задержкой роста до 25 % в опытном образце № 5 (15 мм) по сравнению с контрольным значением (13 мм). Однако наличие фенольной группы в амоксициллине, видимо, способствует конкурирующей реакции его с молекулой тартрата в составе ИМБЛ с образованием молекулярного комплекса и без участия ионов цинка, поэтому наблюдается даже снижение эффективности действия антибиотика в составе № 4 (9 мм) по сравнению с контролем (12 мм). Меньшая задержка роста в опыте № 6 (13,7 мм, контроль 13 мм) с золедроновой кислотой.

При тестировании antimикробной активности на культуре микрогриба *Candida tropicalis* были

получены положительные результаты ингибирования только в составе комплексов с лигандом, имеющим большую молекулярную массу – ЭДТА. Для исследований *in vitro* также были приготовлены опытные образцы с различными соотношениями концентраций основного антибиотика и ИМБЛ (табл. 3).

На рисунке 9 представлены испытания проб с целью определения чувствительности микроорганизмов *Candida tropicalis* к антибактериальным препаратам диско-диффузным методом на агаре. На рисунке 10 – графическое изображение зоны угнетения роста *Candida tropicalis* антибиотиками с ИМБЛ в процессе ингибирования.

Таблица 3

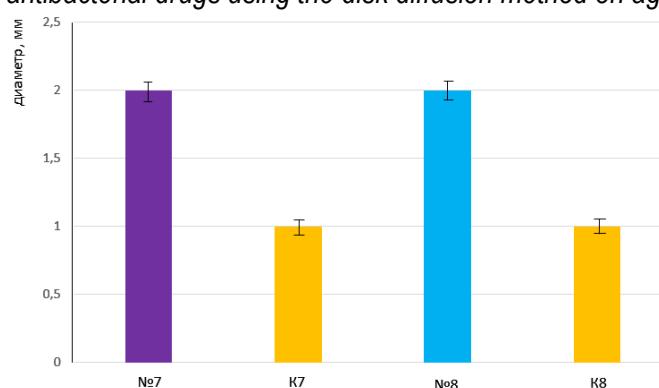
**Антимикробная активность антибиотика с ИМБЛ в отношении *Candida tropicalis***  
**Antimicrobial activity of an antibiotic with IMBLM against *Candida tropicalis***

Опытный образец	Состав водных растворов	Зона задержки роста, мм
№ 7	Бензилпенициллин 20 (мг/мл), ЭДТА 30 (мг/мл)	2
Контроль	Бензилпенициллин 20 (мг/мл)	1
№ 8	Цефтиофур 10 (мг/мл), ЭДТА 10 (мг/мл)	2
Контроль	Цефтиофур 10 (мг/мл)	1



*Рис. 9. Испытания проб с целью определения чувствительности микроорганизмов *Candida tropicalis* к антибактериальным препаратам диско-диффузным методом на агаре*

*Results of testing samples to determine the susceptibility of *Candida tropicalis* microorganisms to antibacterial drugs using the disk diffusion method on agar*



*Рис. 10. Графическое изображение зоны угнетения роста *Candida tropicalis* антибиотиками с ИМБЛ в процессе ингибирования, мм (желтые – контроль)*

*Graphic representation of the zone of growth inhibition of *Candida tropicalis* by antibiotics with IMBLM during the inhibition process, mm (yellow – control)*

Выраженный антимикробный эффект был достигнут в опыте № 7 бензилпенициллина с ЭДТА (зона задержки роста – 2 мм, больше на 1 мм по сравнению с контролем), аналогичный в опыте № 8 цефтиофура с ЭДТА (зона задержки роста – 2 мм при контроле 1 мм).

Таким образом, все опытные образцы с расчетным содержанием ИМБЛ на основе бензилпенициллина, амоксициллина и цефтиофура проявили антимикробную активность в отношении микроорганизмов (*Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Streptococcus spp.*, *Staphylococcus spp.*, *Candida tropicalis*). Наиболее выраженная антимикробная и антирезистентная активность отмечалась при использовании цефтиофура и амоксициллина при добавлении хелатирующего агента – ЭДТА: в опытах № 2 и 3 антибиотическая активность усиливалась почти вдвое. В случае применения амоксициллина выраженный эффект проявлялся при использовании в качестве ИМБЛМ золедроновой кислоты, однако при использовании тартрата отме-

чается обратный эффект, что, возможно, связано с наличием у него конкурирующей реакции с имеющейся в химической структуре антибиотика открытой, легко доступной фенольной группы. В связи с этим необходимо исключать тартрат из состава потенциальных ИМБЛМ в случае использования амоксициллина (а также любых АБ, имеющих свободную фенольную группу в составе молекулы).

**Заключение.** Полученные данные позволяют сделать вывод, что хелатирующие агенты с высокой молекулярной массой, в частности подобные ЭДТА, обладают ингибирующим действием на смешанную культуру микроорганизмов, штаммы *Staphylococcus aureus* и даже чрезвычайно устойчивые к воздействию антибиотиков дрожжевые микроскопические грибы (*Candida tropicalis*). Результаты и выводы позволяют разработать новые рецептуры препаратов с использованием ИМБЛМ.

Авторы выражают признательность коллегам за помощь в проведении исследований.

#### **Список источников**

- Гасретова Т.Д., Тюкавкина С.Ю., Харсеева Г.Г. Кандидоз. Микробиологическая диагностика кандидоза. Ростов н/Д., 2010. 47 с.
- Шевяков М.А. Диагностика и лечение кандидоза кишечника // Терапевтический архив. 2003. Т. 75, № 11. С. 77–78.
- Волосач О.В. Лечение кандидоза: возможности и перспективы (обзор литературы) // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2014. № 2. С. 19–23.
- Чулков А.К., Иванов А.В., Семенов Э.И., и др. Проблема микотоксикозов при завозе и адаптации импортируемого скота // Ветеринарный врач. 2007. № 5. С. 56.
- Тремасов М.Я., Иванов А.В., Папуниди К.Х., и др. Проблема микотоксикозов животных // Ветеринарный врач. 2010. № 5. С. 16–19.
- Тремасов М.Я., Семенов Э.И., Танасева С.А., и др. Проблемы микотоксикозов в российской федерации. В сб.: Международная научно-практическая конференция «Товароведение и экспертиза, производство пищевых и кормовых продуктов, обеспечение их качества и безопасности». Казань, 2016. С. 224–230.
- Крюков С.В., Мельник Н.В., Соловьев Б.В., и др. Средства для ветеринарно-санитарных и лечебных мероприятий при заболевании некробактериозом крупного рогатого скота // Ветеринарный врач. 2010. № 4. С. 7–9.
- Бакиева Ф.А., Шыныбаев К.М., Кадыров С.О., и др. Лечение болезней копыт крупного рогатого скота некробактериозной этиологии // Наука и образование. 2022. № 3 (68). С. 35–43.
- Потехина Р.М., Хузин Д.А., Титова В.Ю., и др. Плесневые грибы и пиогенные бактерии – причины болезней пальцев и копытец у коров // Ветеринарный врач. 2021. № 2. С. 44–49.
- Нехайчик Ф. М., Мингалеев Д.Н. Коррозионная активность и пенообразующая способность нового дезинфицирующего препарата // Ветеринарный врач. 2022. № 1. С. 26–30.
- Хузин Д.А., Шамилова Т.А., Тремасова А.М., и др. Изучение антимикробной и фунгицидной активности средства для дезинфекции животноводческих помещений в присутствии животных // Ветеринарный врач. 2023. № 4. С. 20–26.

12. Перфилова К.В., Кашеваров Г.С., Сайтов В.Р., и др. Оценка ультраструктурных изменений *Fusobacterium necrophorum* под воздействием средств, применяемых для групповой профилактики болезней дистального отдела конечностей копытных животных // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1. С. 153–158.
13. Матросова Л.Е., Чередниченко Ю.В., Матвеева Е.Л., и др.. Случай кандидоза уток // Успехи медицинской микологии. 2016. Т. 16. С. 216.

### **References**

1. Gasretova TD, Tyukavkina SYu, Kharseeva GG. Candidiasis. Microbiological diagnostics of candidiasis. In: Textbook. Rostov-on-Don; 2010.
2. Shevyakov MA. Diagnostics and treatment of intestinal candidiasis. *Therapeutic archive*. 2003;75(11):77-78.
3. Volosach OV. Treatment of candidiasis: possibilities and prospects (literature review). *Journal of the Grodno State Medical University*. 2014;(2):19-23.
4. Chulkov AK, Ivanov AV, Semenov EI, et al. The problem of mycotoxicoses during import and adaptation of imported cattle. *The Veterinarian*. 2007;(5):56.
5. Tremasov MYa, Ivanov AV, Papunidi KK, et al. The problem of mycotoxicoses in animals. *The Veterinarian*. 2010;(5):16-19.
6. Tremasov MYa, Semenov EI, Tanaseva SA, et al. Mycotoxicosis problems in the Russian Federation. In: International scientific and practical conference “Commodity science and examination, production of food and feed products, ensuring their quality and safety”. Kazan; 2016. P. 224–230.
7. Kryukov SV, Melnik NV, Soloviev BV, et al. Means for veterinary-sanitary and therapeutic measures for bovine necrobacteriosis. *The Veterinarian*. 2010;(4):7-9.
8. Bakieva FA, Shynybaev KM, Kadyrov OS., et al. Treatment of cattle hoof diseases of necrobacteriosis etiology. *Science and Education*. 2022;3:35-43.
9. Potekhina RM, Khuzin DA, Titova VYu, et al. Mold fungi and pyogenic bacteria – causes of diseases of fingers and hooves in cows. *The Veterinarian*. 2021;2:44-49.
10. Nekhaychik FM, Mingaleev DN. Corrosion activity and foaming ability of a new disinfectant. *The Veterinarian*. 2022;1:26-30.
11. Khuzin DA, Shamilova TA, Tremasova AM, et al. Study of the antimicrobial and fungicidal activity of a product for disinfecting livestock premises in the presence of animals. *The Veterinarian*. 2023;4:20-26.
12. Perfilova KV, Kashevarov GS, Saitov VR, et al. Evaluation of ultrastructural changes in *Fusobacterium necrophorum* under the influence of agents used for group prevention of distal limb diseases in ungulates. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2023;1:153-158.
13. Matrosova LE, Cherednichenko YuV, Matveeva EL, et al. A case of candidiasis in ducks. *Advances in Medical Mycology*. 2016;16:216.

Статья принята к публикации 12.11.2025 / The article accepted for publication 12.11.2025.

Информация об авторах:

**Фаниль Заудятович Баймухаметов**, научный сотрудник лаборатории морфологических исследований, кандидат химических наук

**Дамир Абдулхаевич Хузин**, главный научный сотрудник лаборатории ветеринарной санитарии, доктор ветеринарных наук

**Евгения Юрьевна Тарасова**, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией ветеринарной санитарии, кандидат биологических наук

**Эдуард Ильясович Семенов**, главный научный сотрудник, заведующий отделом токсикологии, доктор ветеринарных наук

**Айнур Ильнурович Яруллин**, старший научный сотрудник, заведующий отделом вирусологических и ультраструктурных исследований, кандидат биологических наук

Information about the authors:

**Fanil Zaudyatovich Baimukhametov**, Researcher, Morphological Research Laboratory, Candidate of Chemical Sciences

**Damir Abdulkhaevich Khuzin**, Chief Researcher, Veterinary Sanitation Laboratory, Doctor of Veterinary Sciences

**Evgenia Yuryevna Tarasova**, Leading Researcher, Head of the Veterinary Sanitation Laboratory, Candidate of Biological Sciences

**Eduard Ilyasovich Semenov**, Chief Researcher, Head of the Toxicology Department, Doctor of Veterinary Sciences

**Ainur Ilnurovich Yarullin**, Senior Researcher, Head of the Virological and Ultrastructural Research Department, Candidate of Biological Sciences

