

УДК 636:612.336.3

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-40-45

А.Д. Филимонова ✉

А.А. Шабейкин

А.И. Лаишевцев

Федеральный научный центр —  
Всероссийский научно-исследовательский  
институт экспериментальной ветеринарии  
им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко  
Российской академии наук, Москва,  
Россия

✉ angelina.fil2011@yandex.ru

Поступила в редакцию:  
10.11.2023

Одобрена после рецензирования:  
15.11.2023

Принята к публикации:  
01.12.2023

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-40-45

Angelina D. Filimonova ✉

Alexander A. Shabeykin

Alexey I. Laishevtsev

Federal Scientific Center — All-Russian  
Research Institute of Experimental Veterinary  
Medicine named after K.I. Scriabin and  
Y.R. Kovalenko of the Russian Academy  
of Sciences, Moscow, Russia

✉ angelina.fil2011@yandex.ru

Received by the editorial office:  
10.11.2023

Accepted in revised:  
15.11.2023

Accepted for publication:  
01.12.2023

## Проблема антибиотикорезистентности при терапии мелких домашних животных по данным лабораторных исследований в Москве за I полугодие 2023 года

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Повсеместное нерациональное использование антибиотиков превратило устойчивость к противомикробным препаратам в глобальную проблему не только в ветеринарии, но и в здравоохранении, которая усугубляется прекращением разработки антибиотиков. Данное исследование поможет практикующим врачам оперативно принимать решения по выбору тактики антибактериального лечения еще до результатов лабораторной диагностики.

**Цель исследования** — проведение кросс-секционного исследования за 2023 год на территории Московского мегаполиса, направленное на определение наиболее распространенных условно-патогенных возбудителей в популяциях животных-компаньонов, выявляемых при болезнях различных групп органов, с одновременным исследованием явления антибиотикорезистентности и составлением списка антибактериальных средств с ранжированием по их эффективности.

**Методы.** Определение антибиотикочувствительности проводили дискодиффузным методом (ДДМ) в соответствии с МУК 4.2.1890-04 «Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам».

**Результаты.** В результате исследовательской работы было проведено исследование образцов микробиологических посевов, взятых у животных-компаньонов (попугаев, кошек и собак домашнего содержания) на территории Московского мегаполиса и выделено 258 патогенов.

Были определены наиболее встречаемые бактерии:

- из мочевыделительной системы животных наиболее часто выделяются *Staphylococcus epidermidis* и *Escherichia coli*;
- из желудочно-кишечного тракта наиболее часто выделяются грамотрицательные патогены с преобладанием штаммов *Escherichia coli*;
- при дерматологических заболеваниях животных чаще всего выделяются грамположительные бактерии с доминированием *Staphylococcus spp.*

Была исследована антибиотикорезистентность патогенов, а также проведено ранжирование антибактериальных препаратов по эффективности к определенным видам микроорганизмов.

**Ключевые слова:** микробиологическое исследование, антибиотикорезистентность, патогенные бактерии, антибиотики, животные-компаньоны

**Для цитирования:** Филимонова А.Д., Шабейкин А.А., Лаишевцев А.И. Проблема антибиотикорезистентности при терапии мелких домашних животных по данным лабораторных исследований в Московском мегаполисе за I полугодие 2023 года. *Аграрная наука*. 2023; 377(12): 40–45. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-40-45>

© Филимонова А.Д., Шабейкин А.А., Лаишевцев А.И.

## The problem of antibiotic resistance in the treatment of small domestic animals according to laboratory research data in the Moscow metropolis for the first half of 2023

### ABSTRACT

**Relevance.** Widespread irrational use of antibiotics has turned antimicrobial resistance into a global problem not only in veterinary medicine, but also in healthcare, which is exacerbated by the cessation of antibiotic development. This study will help practitioners to promptly make decisions on the choice of tactics of antibacterial treatment even before the results of laboratory diagnostics.

**The aim of the study** is to conduct a cross-sectional study for 2023 on the territory of the Moscow metropolis, aimed at determining the most common opportunistic pathogens in companion animal populations detected in diseases of various organ groups, while simultaneously investigating the phenomenon of antibiotic resistance and compiling a list of antibacterial agents with ranking by their effectiveness.

**Methods.** The determination of antibiotic sensitivity was carried out by the discodiffuse method (DDM) in accordance with MUC 4.2.1890-04 "Determination of the sensitivity of microorganisms to antibacterial drugs".

**Results.** As a result of the research work, a study of samples of microbiological crops taken from companion animals (parrots, cats and domestic dogs) on the territory of the Moscow metropolis was carried out and 258 pathogens were identified.

The most common bacteria were identified:

- *Staphylococcus epidermidis* and *Escherichia coli* are most often isolated from the urinary system of animals;
- gram-negative pathogens with a predominance of *Escherichia coli* strains are most often isolated from the gastrointestinal tract;
- in dermatological diseases of animals, gram-positive bacteria with the dominance of *Staphylococcus spp.* are most often isolated.

The antibiotic resistance of pathogens was investigated, as well as the ranking of antibacterial drugs by effectiveness to certain types of microorganisms was carried out.

**Key words:** microbiological research, antibiotic resistance, pathogenic bacteria, antibiotics, companion animals

**For citation:** Filimonova A.D., Shabeykin A.A., Laishevtsev A.I. The problem of antibiotic resistance in the treatment of small domestic animals according to laboratory research data in the Moscow metropolis for the first half of 2023. *Agrarian science*. 2023; 377(12): 40–45 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-40-45>

© Filimonova A.D., Shabeykin A.A., Laishevtsev A.I.

## Введение/Introduction

В 2017 году Всемирная организация здравоохранения опубликовала список из 12 устойчивых к антибиотикам приоритетных патогенных бактерий<sup>1</sup>, включая *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter spp.*, которые могут вызывать опасные для жизни заболевания как для человека, так и для животных [1].

Отсутствие эффективных антибиотиков создает угрозу общественному здоровью, усугубляя проблемы здравоохранения [2].

Антибиотикорезистентность патогенов давно затронула многие развитые страны, по всему миру создаются специальные подразделения для контроля использования антибактериальных препаратов [3].

Проблема антибиотикорезистентности не обошла и Москву, ведь это крупнейший город Российской Федерации с населением более 13 млн человек, который является центральным звеном Московской агломерации, где содержатся миллионы животных-компаньонов, тесно связанных с людьми.

В ветеринарной практике каждому третьему животному назначаются антибиотики, и наиболее распространенным классом антибиотиков для системного применения являются потенцированные пенициллины, где чаще всего выбираются амоксициллин + клавулановая кислота и ампициллин + сульбактам. Цефалоспорины первого поколения и фторхинолоны — второй или третий класс препаратов [4].

Среди существующих альтернативных методов лечения многообещающей является применение бактериофагов и эндолизингов [2, 5, 6].

Устойчивость к антибиотикам может возникать как в результате мутаций в уже существующем геноме бактерии, так и в результате поглощения чужеродной ДНК [7].

Бактериальные инфекции животных по характеру взаимодействия «возбудитель — хозяин» подразделяются на две крупные группы — облигатные патогены и условные патогены. Условно-патогенная микрофлора в большинстве случаев представлена бактериями, входящими в состав нормальной микробиоты макроорганизма или окружающей среды, которые способны при условии воздействия определенных факторов и снижении резистентности животного вызвать развитие патологического процесса.

Некоторые виды условно-патогенных микроорганизмов могут стать настоящими устойчивыми патогенами, особенно для ослабленных животных и людей [8, 9].

Возбудители инфекционных бактериальных заболеваний, относимые к группе облигатных патогенов, распространяются между животными с формированием инфекционных циклов передачи. Для борьбы с ними проводятся противозoonотические мероприятия, прописанные в ветеринарных правилах. Например, для профилактики лептоспироза ежегодно проводится вакцинация всех собак, а при обнаружении бруцеллеза животное умерщвляется. В условиях отлаженной работы ветеринарной службы данная группа бактериальных заболеваний регистрируется относительно редко.

Заболевания, сопровождающиеся развитием условно-патогенных бактериальных инфекций у животных, носят массовый характер и требуют адекватного применения

антибиотиков [4]. С момента их появления в качестве терапевтических средств у многих бактерий развилась устойчивость к антибиотикам. Мобильные гены устойчивости, приобретенные путем горизонтального переноса генов, играют важную роль в этом процессе [10].

**Цель исследования** — провести кросс-секционные исследования на территории Московского мегаполиса, направленные на определение наиболее распространенных условно-патогенных возбудителей в популяциях животных-компаньонов, выявляемых при болезнях различных групп органов, с одновременным исследованием явления антибиотикорезистентности и составлением списка антибактериальных средств с ранжированием по их эффективности.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Отбор образцов для исследования проводился в ряде ветеринарных клиник г. Москвы, которые были выбраны рандомизированно в Восточном, Юго-Восточном, Южном, Юго-Западном, Западном и Северном административных округах (всего 18 клиник). С 01.01 по 01.07.2023 был получен (рандомизированно) биологический материал от животных (попугаи, домашние кошки и собаки) с клинико-морфологическими проявлениями различных заболеваний и разных возрастных категорий. Отбирались следующие материалы: моча (92 пробы); смывы из прямой кишки (7 проб); фекалии (12 проб); мазки из наружных слуховых проходов (17 проб); мазки-отпечатки с кожи (23 пробы); смывы со слизистых конъюнктивы, носовых ходов, ротовой полости (11 проб); аспирационный материал после бронхоальвеолярного лаважа (1 проба); мазки из наружных половых органов (5 проб); аспират из слюнных желез (1 проба); перитонеальная (2 пробы) и синовиальная жидкость (1 проба). Все материалы отбирались сотрудниками клиник.

Исследование проводили на базе лаборатории диагностики и контроля антибиотикорезистентности возбудителей наиболее клинически значимых инфекционных болезней животных Федерального научного центра — Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук с использованием стандартных бактериологических методов<sup>2</sup>.

### Питательные среды

При проведении комплексного бактериологического исследования были использованы: агар Мюллера-Хинтона (M173); агар Эндо (M029); висмут-сульфит агар (M027); основа колумбийского кровяного агара (M144); основа триптозного кровяного агара (M095); основа уреаза бульона (M111); питательный агар (M001); питательный бульон (M002); цитратный агар с дезоксиолатом натрия (M065); цитратный агар Симмонса (M099); эскулиновый агар с азидом и канамицином (M510) (Himedia, Индия).

В ходе проведения исследования использовано следующее оборудование: термостат с возможностью регулирования температуры Sanyo MIR-262 (Panasonic-Sanyo, Япония); микроскоп Jeneval (Carl Zeiss, ГДР); автоклав ВК-75 (АО «Тюменский завод медицинского оборудования и инструментов», Россия);

<sup>1</sup> GLASS Manual for Early Implementation 2017. World Health Organization. — ISBN: 9789241549400

<sup>2</sup> Руководство по медицинской микробиологии / Под ред. А.С. Лабинской, Е.Г. Волиной / А.С. Лабинская, Е.Г. Волина, Н.Е. Березкина и др. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2008; 1: 1077. — ISBN 978-5-9518-0264-4. EDN WMPZJL

весы электронные AND GX-200 (AND Company Limited, Япония); ламинарный бокс БМБ-II-«Ламинар-С»-1,2 Neoteric (ЗАО «Ламинарные системы», Россия).

Определение антибиотикочувствительности проводили диско-диффузным методом (ДДМ) в соответствии с МУК 4.2.1890-04<sup>3</sup>.

В работе были использованы диски с: клиндамицином, амоксицином, гентамицином, доксициклином, азитромицином, имипенемом, линкомицином, левомицетином, неомицином, норфлоксацином, офлоксацином, полимиксином В, тилозином, тобрамицином, триметопримом, цефалексином, цефиксимом, цефоперазоном, цефотаксимом, цефтриаксоном, ципрофлоксацином, энрофлоксацином, ампициллином (Himedia, Индия).

Учет результатов проводился спустя 18–24 часа термостатирования по диаметру зон задержки роста бактерий, интерпретация результатов проводилась в соответствии с рекомендациями CLSI<sup>4</sup> и EUCAST<sup>5</sup> в зависимости от антибактериального средства.

Микроскопирование использовали для изучения морфологических и тинкториальных свойств культур микроорганизмов. Основным методом окраски при проведении работ являлся метод Грама<sup>6</sup>.

Результаты статистически обработаны с использованием программного обеспечения Microsoft Excel (Microsoft, США).

### Результаты и обсуждение / Results and discussion

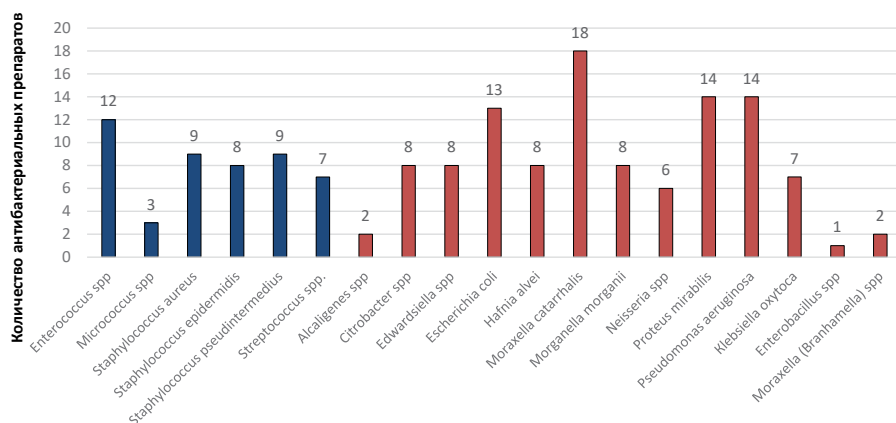
В результате исследования биологического материала, полученного от животных-компаньонов на территории Москвы, было выделено 258 бактериальных патогенов, среди которых грамположительных 143 (Г+) и грамотрицательных 115 (Г-). Исследовалась их чувствительность к 21 антибиотику для грамположительных и к 20 антибиотикам для грамотрицательных бактерий.

В биологическом материале (моча), полученном из мочевыделительной системы животных, всего было выявлено 54 грамположительных и 56 грамотрицательных бактериальных патогенов, из них наиболее часто встречаются *Staphylococcus epidermidis* (Г+) и *Escherichia coli* (Г-).

В результате исследования было установлено процентное соотношение грамположительных патогенов в моче животных: *Staphylococcus epidermidis* (33%), *Staphylococcus pseudintermedius* (26%), *Staphylococcus aureus* (20%), *Enterococcus spp.* (9%), *Streptococcus spp.* (8%), *Micrococcus spp.* (4%). Определено процентное соотношение грамотрицательных патогенов в моче животных: *Escherichia coli* (34%), *Proteus mirabilis* (18%),

**Рис. 1.** Устойчивость к антибиотикам грамположительных (синий цвет) и грамотрицательных бактерий (красный цвет), выделенных в моче животных (среднее значение по каждому виду бактерии)

**Fig. 1.** Antibiotic resistance of gram-positive (blue) and gram-negative bacteria (red) isolated in animal urine (average value for each type of bacterium)



Грамположительные и грамотрицательные бактерии

*Pseudomonas aeruginosa* (5%), *Neisseria spp.* (5%), *Moraxella catarrhalis* (5%), *Hafnia alvei* (5%), *Edwardiella spp.* (5%), *Moraxella (Branhamella) spp.* (4%), *Enterobacillus spp.* (4%), *Klebsiella oxytoca* (4%), *Morganella morganii* (4%), *Citrobacter spp.* (4%), *Alcaligenes spp.* (4%).

Была изучена устойчивость бактерий, выделенных из мочевыделительной системы. Наиболее резистентными к антибактериальным препаратам оказались *Enterococcus spp.* и *Staphylococcus pseudintermedius* (Г+), а также *Moraxella catarrhalis*, *Proteus mirabilis* и *Pseudomonas aeruginosa* (Г-) (рис. 1).

При ранжировании антибиотиков по эффективности получены следующие результаты: среди грамположительных бактерий (54 всего) оказались наиболее эффективными имипенем (подавлял рост 44 патогенов) и гентамицин (подавлял рост 35 патогенов), а среди грамотрицательных бактерий (56 всего) — азитромицин (подавлял рост 41 патогена) и гентамицин (подавлял рост 35 патогенов).

При исследовании образцов из желудочно-кишечного тракта (смывы из прямой кишки, фекалии) было выявлено 21 грамположительный и 30 грамотрицательных патогенов, среди которых чаще всего встречаются *Enterococcus spp.* (Г+) и *Escherichia coli* (Г-).

В результате исследования установлено процентное соотношение грамположительных патогенов в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ) животных: *Enterococcus spp.* (33%), *Staphylococcus aureus* (19%), *Staphylococcus pseudintermedius* (14%), *Streptococcus spp.* (9,5%), *Micrococcus spp.* (9,5%), *Bacillus spp.* (5%), *Corynebacterium spp.* (5%), *Listeria monocytogenes* (5%).

В результате исследования было установлено процентное соотношение грамотрицательных патогенов в ЖКТ животных: *Escherichia coli* (40%), *Neisseria spp.* (13%), *Klebsiella spp.* (10%), *Moraxella catarrhalis* (10%), *Acinetobacter spp.* (7%), *Edwardiella spp.* (7%), *Shimwellia blattae* (7%), *Pseudomonas aeruginosa* (3%), *Shimwellia pseudoproteus* (3%).

<sup>3</sup> МУК 4.2.1890-04 Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам.

<sup>4</sup> Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing, 33rd Edition, Chairholder: James S. Lewis II, PharmD, FIDSA. March 3, 2023. — ISBN 978-1-68440-171-0

<sup>5</sup> European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters Version 12.0, valid from 2022-01-01

<sup>6</sup> ГОСТ ISO 7218-2015. Межгосударственный стандарт. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Общие требования и рекомендации по микробиологическим исследованиям.

**Рис. 2.** Устойчивость к антибиотикам грамположительных (синий цвет) и грамотрицательных бактерий (красный цвет), выделенных из желудочно-кишечного тракта животных (среднее значение по каждому виду бактерии)

**Fig. 2.** Antibiotic resistance of gram-positive (blue) and gram-negative bacteria (red) isolated from the gastrointestinal tract of animals (average value for each type of bacterium)



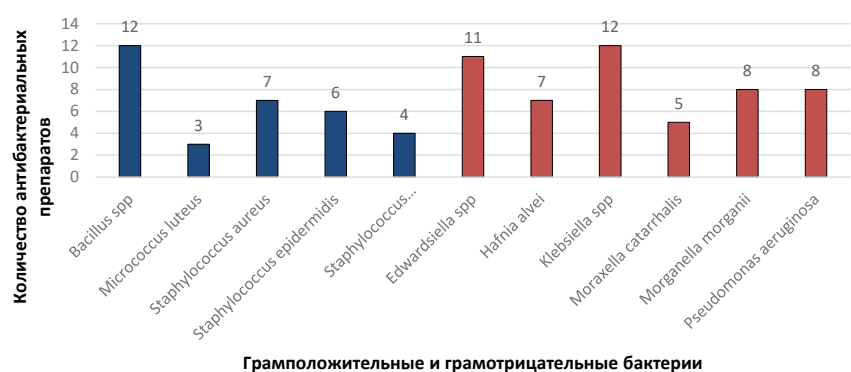
**Рис. 3.** Устойчивость к антибиотикам грамположительных (синий цвет) и грамотрицательных бактерий (красный цвет), выделенных из желудочно-кишечного тракта животных (среднее значение по каждому виду бактерии)

**Fig. 3.** Antibiotic resistance of gram-positive (blue) and gram-negative bacteria (red) isolated from pathologies on the skin of animals (average value for each type of bacterium)



**Рис. 4.** Устойчивость к антибиотикам грамположительных (синий цвет) и грамотрицательных бактерий (красный цвет), выделенных из желудочно-кишечного тракта животных (среднее значение по каждому виду бактерии)

**Fig. 4.** Antibiotic resistance of gram-positive (blue) and gram-negative (red) respiratory pathogenic bacteria (average value for each type of bacterium)



Самыми устойчивыми бактериями в ЖКТ животных оказались *Micrococcus spp.* (Г+) и *Neisseria spp.*, *Pseudomonas aeruginosa* (Г-) (рис. 2).

При ранжировании антибиотиков по эффективности при патологиях ЖКТ получены следующие результаты: наиболее эффективные антибиотики для грамположительных бактерий — ампициллин и амоксилав (подавляли рост 14 патогенов), для грамотрицательных бактерий — амоксилав (подавлял рост 20 патогенов).

При дерматологических проблемах животных брались образцы: мазки-отпечатки с кожи, мазки из ушей.

Выделено 50 грамположительных и 14 грамотрицательных бактерий. Самыми многочисленными из них стали *Staphylococcus epidermidis* (Г+) и *Proteus mirabilis* (Г-).

В результате исследования было установлено процентное соотношение грамположительных патогенов на кожных покровах животных: *Staphylococcus epidermidis* (30%), *Staphylococcus pseudintermedius* (20%), *Staphylococcus aureus* (20%), *Bacillus spp.* (8%), *Micrococcus spp.* (8%), *Streptococcus spp.* (6%), *Enterococcus spp.* (4%), *Corynebacterium spp.* (2%), *Listeria monocytogenes* (2%). Установлено процентное соотношение грамотрицательных патогенов на кожных покровах животных: *Proteus mirabilis* (43%), *Escherichia coli* (21,5%), *Pseudomonas aeruginosa* (21,5%), *Enterobacter spp.* (7%), *Shimwellia pseudoproteus* (7%).

Самыми устойчивыми бактериями из обнаруженных на кожных покровах оказались *Corynebacterium spp.* (Г+) и *Pseudomonas aeruginosa* (Г-) (рис. 3).

Наиболее эффективными антибиотиками для патогенов кожных покровов животных оказались имипенем и цефотаксим для грамположительных бактерий (угнетали рост 45 и 40 патогенов соответственно), а для грамотрицательных бактерий — имипенем и тобрамицин (подавляли рост 10 и 8 патогенов соответственно).

При исследовании респираторных патогенов были исследованы смывы с конъюнктивы, носовых ходов, ротовой полости, аспирационной жидкости после бронхоальвеолярного лаважа и выявлены 10 грамположительных и 13 грамотрицательных бактерий, среди которых наиболее многочисленны *Staphylococcus epidermidis* (Г+) и *Pseudomonas aeruginosa* (Г-).

В результате исследования выявлено процентное соотношение грамположительных респираторных патогенов животных: *Staphylococcus aureus* (30%), *Staphylococcus pseudintermedius* (30%), *Bacillus spp.* (20%), *Staphylococcus epidermidis* (10%), *Micrococcus luteus* (10%), а также процентное соотношение грамотрицательных респираторных патогенов животных: *Pseudomonas aeruginosa* (33%), *Edwardsiella spp.* (17%), *Klebsiella spp.* (17%), *Moraxella catarrhalis* (17%), *Hafnia alvei* (8%), *Morganella morganii* (8%).

Самыми устойчивыми респираторными патогенными бактериями животных оказались *Bacillus spp.* (Г+) и *Klebsiella spp.* (Г-) (рис. 4).

В результате исследования наиболее эффективными антибиотиками для респираторных патогенов животных



оказались: для грамположительных бактерий — амоксиклав и цефтриаксон (угнетали рост 10 и 9 патогенов соответственно), для грамотрицательных бактерий — азитромицин и имипенем (подавляли рост 9 патогенов).

Были исследованы патогены половых органов животных, где грамположительных бактерий выявлено всего 3 — *Staphylococcus epidermidis* (60%), *Micrococcus luteus* (20%), *Staphylococcus aureus* (20%), а грамотрицательных бактерий — всего 2: *Escherichia coli* (100%). Самым устойчивым грамположительным патогеном оказался *Micrococcus luteus* (резистентность к 13 антибиотикам), а грамотрицательная *Escherichia coli* резистентна к 18 из 20 антибиотиков.

Самыми эффективными антибактериальными препаратами для патогенов половых органов стали неомидин и цефтриаксон (подавляют рост 6 из 7 патогенов).

При исследовании других жидкостей организма (выпоты и синовиальная жидкость) грамположительных бактерий выявлено всего 3 — *Staphylococcus pseudintermedius* (67%), *Staphylococcus epidermidis* (33%). Самым устойчивым оказался *Staphylococcus pseudintermedius* (резистентность к 6 антибиотикам).

Таким образом, на основании подавления наибольшего количества патогенных и условно-патогенных бактерий был составлен список самых эффективных антибиотиков для 143 грамположительных изолятов (табл. 1).

Для 115 грамотрицательных патогенов был также составлен список по эффективности антибактериальных препаратов (табл. 2).

Формирование списков эффективности антибиотиков с учетом актуальности в настоящее время важно для оптимизации терапевтических мероприятий и позволяет замедлить развитие устойчивости к антибиотикам.

Несмотря на то что некоторые антибиотики из общего списка оказались эффективнее тех, что используются на практике в качестве первого выбора, это не значит, что терапию нужно начинать с более сильных препаратов. Важно обращать внимание на более эффективные антибиотики для конкретной системы органов. Антибиотикотерапия должна подбираться адекватно (исходя из системы поражения и индивидуальных особенностей животного).

Высокая устойчивость некоторых патогенов в данном исследовании несет большую опасность в будущем не только для животных, но и для людей. Это необходимо для разработки новых антибактериальных препаратов и поиска средств, альтернативных антибиотикам [11]. Ведь на практике, если у животного был обнаружен устойчивый к расширенному списку антибиотиков патоген, который не поддается антибиотикотерапии, с большей вероятностью животное подвергнется эвтаназии [12].

# Выводы/Conclusion

В результате исследования были определены наиболее распространенные патогенные и условно-патогенные возбудители болезней в популяциях животных-компаньонов на территории Москвы: *Staphylococcus epidermidis* (51 изолят), *Escherichia coli* (36 изолятов), *Staphylococcus pseudintermedius* (19 изолятов), *Proteus mirabilis* (16 изолятов), *Enterococcus spp.* (14 изолятов), *Pseudomonas aeruginosa* (11 изолятов). Самыми устойчивыми из выделенных патогенов оказались *Corynebacterium spp.* (20 из 20 антибиотиков), *Micrococcus spp.*, *Neisseria spp.*, *Proteus mirabilis*, *Moraxella catarrhalis* (19 из 20 антибиотиков).

Был составлен список антибактериальных средств с ранжированием по их эффективности по итогам исследований за I полугодие 2023 года.

Таблица 1. Эффективность антибиотиков для грамположительных бактерий.

Table 1. Efficacy of antibiotics for gram-positive bacteria

Антибактериальный препарат	Количество подавляемых Г+ патогенов
Имипенем	115
Гентамицин	102
Цефотаксим	100
Цефтриаксон	99
Амоксиклав	96
Цефалексин	96
Энрофлоксацин	89
Доксициклин	87
Тобрамицин	86
Цефоперазон	85
Неомицин	82
Ципрофлоксацин	82
Офлоксацин	78
Ампициллин	76
Левомецетин	76
Цефиксим	72
Норфлоксацин	67
Азитромицин	59
Тилозин	45
Клиндамицин	35
Линкомицин	28

Таблица 2. Эффективность антибиотиков для грамотрицательных бактерий.

Table 2. Efficacy of antibiotics for gram-negative bacteria

Антибактериальный препарат	Количество подавляемых Г- патогенов
Тобрамицин	62
Имипенем	62
Амоксиклав	61
Азитромицин	57
Гентамицин	56
Цефтриаксон	56
Ципрофлоксацин	55
Энрофлоксацин	55
Доксициклин	50
Неомицин	49
Офлоксацин	48
Цефотаксим	46
Цефоперазон	43
Левомецетин	42
Триметоприм	40
Норфлоксацин	39
Ампициллин	37
Цефалексин	35
Полимиксин В	34
Тилозин	9

В результате исследования для подавления патогенов мочевыделительной системы наиболее эффективны такие антибиотики, как имипенем, гентамицин и азитромицин.

Для подавления возбудителей инфекции желудочно-кишечного тракта наиболее эффективными оказались ампициллин и амоксиклав.

Среди дерматологических инфекций наиболее эффективно подавляют рост бактерий имипенем, цефотаксим и тобрамицин.

Наиболее эффективными антибиотиками для подавления роста респираторных патогенов животных оказались амоксилав, цефтриаксон, азитромицин и имипенем.

Самые эффективные для борьбы с патогенами половых органов антибиотики неомидин и цефтриаксон.

Выборка в отношении патогенов выпотов и синовиальной жидкости оказалась недостаточной для определения наиболее эффективного антибактериального препарата.

При ранжировании антибиотиков по эффективности были получены данные для каждой системы органов. Результаты могут служить рекомендацией для практикующих врачей по определению препаратов первого и второго выборов, что позволит врачам ветеринарной медицины оперативно принимать решения по выбору тактики лечения еще до результатов лабораторной диагностики.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

Авторы в равной степени принимали участие в написании

рукописи и несут равную ответственность за плагиат.

Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Tacconelli E. *et al.* Discovery, research, and development of new antibiotics: the WHO priority list of antibiotic-resistant bacteria and tuberculosis. *The Lancet Infectious Diseases*. 2018; 18(3): 318–327. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(17\)30753-3](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(17)30753-3)
2. Smirnov D.D., Kapustin A.V., Yakimova E.A., Savinov V.A., Laishchev A.I. Perspectives of the use of bacteriophages in agriculture, food and processing industries. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 548(7): 72058. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/7/072058>
3. Kostyanov T. *et al.* The Innovative Medicines Initiative's New Drugs for Bad Bugs programme: European public-private partnerships for the development of new strategies to tackle antibiotic resistance. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. 2016; 71(2): 290–295. <https://doi.org/10.1093/jac/dkv339>
4. Beaudoin A.L. *et al.* Prevalence of antibiotic use for dogs and cats in United States veterinary teaching hospitals, August 2020. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2023; 37(5): 1864–1875. <https://doi.org/10.1111/jvim.16814>
5. Алешкин А.В. и др. Эндолитины vs бактериофаги: перспективы производства, эффективность и безопасность применения. *Бактериология*. 2022; 7(3): 12, 13. <https://www.elibrary.ru/hysnvk>
6. Khan F.M. *et al.* The applications of animal models in phage therapy: An update. *Human Vaccines & Immunotherapeutics*. 2023; 19(1): 2175519. <https://doi.org/10.1080/21645515.2023.2175519>
7. Larsson D.G.J., Flach C.-F. Antibiotic resistance in the environment. *Nature Reviews Microbiology*. 2022; 20(5): 257–269. <https://doi.org/10.1038/s41579-021-00649-x>
8. Martin R.M., Bachman M.A. Colonization, Infection, and the Accessory Genome of *Klebsiella pneumoniae*. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 2018; 8: 4. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2018.00004>
9. Buddle J.E., Fagan R.P. Pathogenicity and virulence of *Clostridioides difficile*. *Virulence*. 2023; 14(1): 2150452. <https://doi.org/10.1080/21505594.2022.2150452>
10. Ebmeyer S., Kristiansson E., Larsson D.G.J. A framework for identifying the recent origins of mobile antibiotic resistance genes. *Communications Biology*. 2021; 4(1): 8. <https://doi.org/10.1038/s42003-020-01545-5>
11. Tang K.W.K., Millar B.C., Moore J.E. Antimicrobial Resistance (AMR). *British Journal of Biomedical Science*. 2023; 80: 11387. <https://doi.org/10.3389/bjbs.2023.11387>
12. Herdan C.L. *et al.* Multi-drug-resistant *Enterococcus* spp. as a cause of non-responsive septic synovitis in three horses. *New Zealand Veterinary Journal*. 2012; 60(5): 297–304. <https://doi.org/10.1080/00480169.2011.651702>

## ОБ АВТОРАХ

**Ангелина Дмитриевна Филимонова**

научный сотрудник

angelina.fil2011@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4357-9310>

**Александр Александрович Шабейкин**

доктор ветеринарных наук

viev@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3413-8131>

**Алексей Иванович Лаишевцев**

кандидат биологических наук

a.laishevcev@gmail.com

Федеральный научный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук, Рязанский пр-т, 24, Москва, 109428, Россия

## REFERENCES

1. Tacconelli E. *et al.* Discovery, research, and development of new antibiotics: the WHO priority list of antibiotic-resistant bacteria and tuberculosis. *The Lancet Infectious Diseases*. 2018; 18(3): 318–327. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(17\)30753-3](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(17)30753-3)
2. Smirnov D.D., Kapustin A.V., Yakimova E.A., Savinov V.A., Laishchev A.I. Perspectives of the use of bacteriophages in agriculture, food and processing industries. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 548(7): 72058. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/7/072058>
3. Kostyanov T. *et al.* The Innovative Medicines Initiative's New Drugs for Bad Bugs programme: European public-private partnerships for the development of new strategies to tackle antibiotic resistance. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. 2016; 71(2): 290–295. <https://doi.org/10.1093/jac/dkv339>
4. Beaudoin A.L. *et al.* Prevalence of antibiotic use for dogs and cats in United States veterinary teaching hospitals, August 2020. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2023; 37(5): 1864–1875. <https://doi.org/10.1111/jvim.16814>
5. Aleshkin A.V. *et al.* Endolysins vs bacteriophages: production prospects, efficiency and safety of use. *Bacteriology*. 2022; 7(3): 12, 13 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/hysnvk>
6. Khan F.M. *et al.* The applications of animal models in phage therapy: An update. *Human Vaccines & Immunotherapeutics*. 2023; 19(1): 2175519. <https://doi.org/10.1080/21645515.2023.2175519>
7. Larsson D.G.J., Flach C.-F. Antibiotic resistance in the environment. *Nature Reviews Microbiology*. 2022; 20(5): 257–269. <https://doi.org/10.1038/s41579-021-00649-x>
8. Martin R.M., Bachman M.A. Colonization, Infection, and the Accessory Genome of *Klebsiella pneumoniae*. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 2018; 8: 4. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2018.00004>
9. Buddle J.E., Fagan R.P. Pathogenicity and virulence of *Clostridioides difficile*. *Virulence*. 2023; 14(1): 2150452. <https://doi.org/10.1080/21505594.2022.2150452>
10. Ebmeyer S., Kristiansson E., Larsson D.G.J. A framework for identifying the recent origins of mobile antibiotic resistance genes. *Communications Biology*. 2021; 4(1): 8. <https://doi.org/10.1038/s42003-020-01545-5>
11. Tang K.W.K., Millar B.C., Moore J.E. Antimicrobial Resistance (AMR). *British Journal of Biomedical Science*. 2023; 80: 11387. <https://doi.org/10.3389/bjbs.2023.11387>
12. Herdan C.L. *et al.* Multi-drug-resistant *Enterococcus* spp. as a cause of non-responsive septic synovitis in three horses. *New Zealand Veterinary Journal*. 2012; 60(5): 297–304. <https://doi.org/10.1080/00480169.2011.651702>

## ABOUT THE AUTHORS

**Angelina Dmitrievna Filimonova**

Researcher

angelina.fil2011@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4357-9310>

**Alexander Alexandrovich Shabeykin**

Doctor of Veterinary Sciences

viev@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3413-8131>

**Alexey Ivanovich Laishchev**

Candidate of Biological Sciences

a.laishevcev@gmail.com

Federal Scientific Center — All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after K.I. Scriabin and Y.R. Kovalenko of the Russian Academy of Sciences, 24 Ryazan Ave., Moscow, 109428, Russia