



DOI: 10.22363/2312-797X-2025-20-4-670-680

EDN CNBPMU

УДК 615.015.8+615.322:579.842.11

Научная статья / Research article

## Влияние родиолы розовой и левзеи сафлоровидной на резистентность *E. coli* к антибиотикам

И.С. Шульга , М.Е. Остякова  

Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт,  
г. Благовещенск, Российская Федерация  
 dalznividv@mail.ru

**Аннотация.** Бактерии постоянно эволюционируют, становясь устойчивыми к антибиотикам. Резистентность к антибиотикам является сложной проблемой, возникающей в результате адаптивных способностей бактерий и их быстрого распространения между микроорганизмами, что делает лечение инфекций все более сложным. *Escherichia coli* — бактерия семейства *Enterobacteriaceae* — имеет клиническую и эпидемиологическую значимость. Бактерия является одним из резервуаров генов устойчивости к антибиотикам и по этой причине отнесена Всемирной организацией здравоохранения к числу возбудителей инфекций, представляющих угрозу для общественного здравоохранения. Растительные лекарственные средства и их компоненты обладают свойствами изменять устойчивость микроорганизмов к антимикробным препаратам. Влияние растительных адаптогенов на устойчивость микроорганизмов к антибиотикам недостаточно изучено. Проведено *in vitro* исследование воздействия родиолы розовой и левзеи сафлоровидной на уровень чувствительности *Escherichia coli* к различным антимикробным препаратам. Культуры *Escherichia coli* получили от телят с симптомами острых кишечных заболеваний. Определили чувствительность к 12 противомикробным препаратам из пяти групп, включая пенициллины, карбапенемы, цефалоспорины, аминогликозиды и фторхинолоны. Влияние родиолы розовой и левзеи сафлоровидной изучали путем соинкубирования культур *Escherichia coli* с отваром корней адаптогенов с последующим пересевом культур и повторным определением чувствительности. Результаты показали, что после воздействия родиолы розовой и левзеи сафлоровидной происходило снижение резистентности *Escherichia coli* к цефалоспорином (цефтазидиму, цефтриаксону и цеффиксиму) на 3...43 % в зависимости от антимикробного препарата и исследуемого фактора. К имепенему (карбопенем) повысилась чувствительность на 13...16 %. К аминогликозидам и фторхинолонам чувствительность под действием адаптогенов менялась не всегда и очень незначительно в пределах от 3 до 9 %. Необходимы дальнейшие исследования для выяснения потенциальных рисков или преимуществ применения растительных адаптогенов в контексте антимикробной резистентности.

**Ключевые слова:** антибиотикорезистентность, энтеробактерии, антибиотики, адаптогены растительного происхождения

© Шульга И.С., Остякова М.Е., 2025



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

**Вклад авторов:** Шульга И.С. — формирование идеи, методология, проведение исследования, анализ данных, написание и редактирование рукописи; Остякова М.Е. — научное руководство, написание и редактирование рукописи.

**Финансирование.** Исследование выполнено в рамках государственного задания FNGS-2025-0001 «Научно-практические аспекты диагностики, профилактики и терапии болезней животных, птиц и пчел инфекционной и неинфекционной этиологии».

**Заявление о конфликте интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**История статьи:** поступила в редакцию 30 апреля 2025 г., принята к публикации 5 июня 2025 г.

**Для цитирования:** Шульга И.С., Остякова М.Е. Влияние родиолы розовой и левзеи сафлоровидной на резистентность *E. coli* к антибиотикам // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2025. Т. 20. № 4. С. 670–680. doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-4-670-680 EDN: CNBPMU

## The effect of *Rhodiola Rosea* and *Leuzea carthamoides* on the antibiotic resistance of *E. coli*

Irina S. Shulga , Marina E. Ostyakova  

Far East Zone Research Veterinary Institute, *Blagoveshchensk, Russian Federation*

 dalznividv@mail.ru

**Abstract.** Bacteria are constantly evolving, becoming resistant to antibiotics. Antimicrobial resistance is a complex problem arising from the adaptive capabilities of bacteria and their rapid spread among microorganisms, making the treatment of infections increasingly difficult. *Escherichia coli* is a bacterium of the *Enterobacteriaceae* family, it has clinical and epidemiological significance. The bacterium is one of the reservoirs for antibiotic resistance genes and for this reason has been classified by the World Health Organization as a pathogen posing a threat to public health. Herbal medicines and their components possess properties that can alter the resistance of microorganisms to antimicrobial drugs. The effect of plant adaptogens on the resistance of microorganisms to antibiotics is insufficiently studied. An *in vitro* study was conducted to examine the impact of *Rhodiola rosea* and *Leuzea carthamoides* on the susceptibility level of *Escherichia coli* to various antimicrobial drugs. *Escherichia coli* cultures were obtained from calves with symptoms of acute intestinal diseases. Susceptibility to 12 antimicrobial drugs from five groups was determined, including penicillins, carbapenems, cephalosporins, aminoglycosides, and fluoroquinolones. The effect of *Rhodiola rosea* and *Leuzea carthamoides* was studied by co-incubating *Escherichia coli* cultures with a decoction of adaptogen roots, followed by re-culturing the isolates and re-determining susceptibility. The results showed that after exposure to *Rhodiola rosea* and *Leuzea carthamoides*, the resistance of *Escherichia coli* to cephalosporins (ceftazidime, ceftriaxone, and cefixime) decreased by 3–43%, depending on the antimicrobial drug and the studied factor. Susceptibility to imipenem (a carbapenem) increased by 13–16%. Susceptibility to aminoglycosides and fluoroquinolones changed only occasionally and very slightly (within 3–9%) under the influence of the adaptogens. Further research is needed to clarify the potential risks or benefits of using plant adaptogens in the context of antimicrobial resistance.

**Keywords:** antibiotic resistance, enterobacteria, antibiotics, plant-based adaptogens

**Author contributions:** Shulga I.S. — concept, methodology, investigation, data analysis, writing and editing of the manuscript; Ostyakova M.E. — scientific supervision, writing and editing of the manuscript.

**Funding.** The research was carried out within the framework of the state assignment FNGS-2025-0001 “Scientific and Practical Aspects of the Diagnosis, Prevention, and Therapy of Diseases of Animals, Birds, and Bees of Infectious and Non-Infectious Etiology”.

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interest.

**Article history:** received 30 April 2025; accepted 5 June 2025.

**For citation:** Shulga IS, Ostyakova ME. The effect of *Rhodiola Rosea* and *Leuzea carthamoides* on the antibiotic resistance of *E. coli*. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2025;20(4):670–680. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-4-670-680 EDN: CNBPMU

## Введение

С момента открытия антибиотиков принесли огромную пользу человечеству. Однако возникновение и распространение лекарственной устойчивости у микроорганизмов представляет собой серьезную угрозу и требует поиска механизмов управления устойчивостью к противомикробным препаратам и поиска путей ее снижения [1]. Причиной возникновения и развития этого феномена является неоправданное и нерациональное использование антимикробных препаратов [2].

Среди поголовья сельскохозяйственных животных циркулируют патогенные и условно-патогенные микроорганизмы, обладающие резистентностью к антибиотикам. Это увеличивает риск передачи потенциально опасных инфекций от животных к человеку [2, 3].

В преодолении резистентности огромную роль играет персональный подход к мониторингу антибиотикочувствительности микроорганизмов и выбору антимикробных препаратов. Однако в условиях промышленного животноводства реализовать такой подход сложно. Необходимый мониторинг бактериологической ситуации зачастую отсутствует.

Некоторые антимикробные препараты являются последним средством лечения опасных для жизни инфекций. Важно рассматривать любые возможности снижения резистентности микроорганизмов, чтобы блокировать или замедлить передачу механизмов резистентности и сохранить препараты

*Escherichia coli* (эшерихия) — грамотрицательная бактерия семейства *Enterobacteriaceae* — имеет клиническую и эпидемиологическую значимость, является одним из резервуаров генов устойчивости к антибиотикам, представлена Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) как один из возбудителей оппортунистических инфекций, создающих наибольшую угрозу для общественного здравоохранения, и требуют разработки новых антибиотиков. За последнее десятилетие (отмечают Anand U. et al., Arbab S. et al., Paitan Y.) появился ряд штаммов с высокой степенью лекарственной устойчивости, которые демонстрируют повышенную приспособленность, патогенность, способность к эффективной передаче и колонизации [1, 4, 5].

Анализ доступных научных источников показал, что растительные лекарственные средства и их компоненты обладают свойствами изменять устойчивость микроорганизмов к антимикробным препаратам [6, 7]. Богатое разнообразие лекарственных растений, в частности растительных адаптогенов, представляет определенный интерес в этой области.

С этой точки зрения растительные средства могут не только служить альтернативным способом, направленным на подавление роста микробов, но и являться агентом, способным модифицировать резистентность микроорганизмов [8, 9]. Кроме того, фитоконпоненты могут использоваться для борьбы с резистентностью, с меньшими побочными эффектами и более мощным механизмом действия [9].

Родиола розовая и левзея сафлоровидная — адаптогены растительного происхождения относятся к разделу фитотерапии.

Научных данных о влиянии этих адаптогенов в отношении снижения резистентности микроорганизмов нами найдено не было. Поэтому **цель исследования** — изучить влияние родиолы розовой и левзеи сафлоровидной на возможные изменения резистентности *Escherichia coli* к антимикробным препаратам.

## Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследований использовали культуры *Escherichia coli*, циркулирующие в условиях животноводческого комплекса среди телят с симптомами острых кишечных заболеваний.

Влияние адаптогенов на изменение устойчивости к антибактериальным препаратам изучали путем соинкубирования культур *Escherichia coli* (предварительно выращенных на мясопептонном бульоне) с отварами корней адаптогенов в условиях шейкер-инкубатора в течение 60 минут при 37 °С. В дальнейшем смесь центрифугировали (3000 оборотов в минуту), культуру двукратно отмывали физиологическим раствором и пересевали на скошенный мясопептонный агар. После воздействия определяли устойчивость к антимикробным препаратам [10]. Контролем служили значения устойчивости у этих же культур, полученные без влияния адаптогенов.

Устойчивость определяли диско-диффузионным методом к 12 антимикробным препаратам из пяти групп: пенициллины, карбопенемы, цефалоспорины, аминогликозиды, фторхинолоны, руководствуясь Методическими указаниями МУК 4.2.1890–04<sup>1</sup>. Оценку результатов проводили согласно значениям диаметров зон задержки роста у исследуемых культур.

С каждой культурой проводили опыт в трех повторностях. Полученные результаты подвергали статистической обработке, используя программу Microsoft Excel 2010.

## Результаты исследования и обсуждение

В процессе изучения установлено, что *Escherichia coli*, выделенные от телят с симптомокомплексом болезней органов пищеварения, имели разный уровень выраженности чувствительности к исследуемым группам препаратов и в пределах одной группы антимикробных средств.

Так, к ампициллину, принадлежащему к группе антибиотиков пенициллинового ряда, *Escherichia* проявляли устойчивость в 80 % случаев. К тикарциллину

<sup>1</sup> МУК 4.2.1890–04. Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам: методические указания. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 91 с.

в комплексе с клавулановой кислотой были чувствительны в 100 % случаев. Амоксициллин с клавулановой кислотой действовал подавляюще на 20 % *Escherichia coli*, 80 % обладали промежуточной чувствительностью.

Имипенем (группа карбопенемов) имел высокую активность. Все культуры *Escherichia coli* были чувствительны к имипенему.

Менее высокими были показатели чувствительности к цефтриаксону, являющемуся представителем группы антимикробных препаратов цефалоспоринового ряда. Так культуры *Escherichia coli* в 40 % случаев были чувствительными и в 60 % проявляли промежуточную чувствительность. Цефиксим так же относится к антибиотикам группы цефалоспоринов. К нему *Escherichia coli* в 20 % случаев были чувствительны, в 40 % случаев проявляли промежуточную чувствительность, и у 40 % культур отмечалась абсолютная резистентность. К цефтазидиму выявлена устойчивость у 80 % эшерихий и у 20 % культур данный препарат подавлял рост.

К стрептомицину, представителю группы аминогликозидов, в 100 % случаев оказались устойчивы все культуры *Escherichia coli*. Гентамицин так же является представителем группы аминогликозидов. К нему эшерихии были чувствительны в 80 % случаев.

Разная чувствительность наблюдалась у бактерий к препаратам фторхинолонового ряда. К ципрофлоксацину в большинстве случаев эшерихии чувствительны в 80 % случаев, в 20 % — устойчивы. К левофлоксацину 80 % эшерихий обладали абсолютной чувствительностью и 20 % — промежуточной.

После проведения математической обработки цифровых показателей зон задержки роста установлено, что в среднем эшерихии были чувствительны к тикарциллину и амоксициллину с клавулановой кислотой, имепенему, гентамицину, ципрофлоксацину, левофлоксацину и норфлоксацину (табл.).

### Значение диаметров зон подавления роста у *Escherichia coli* к антибактериальным препаратам диско-диффузионным методом до влияния адаптогенов $M \pm m, n = 15$

Наименование антимикробного препарата	Зона задержки роста, мм
1. Ампициллин	10,9 ± 1,00
2. Тикарциллин + клавулановая кислота	23,4 ± 0,31
3. Амоксициллин + клавулановая кислота	18,3 ± 0,32
4. Имипенем	24,1 ± 0,34
5. Цефтриаксон	17,7 ± 1,35
6. Цефиксим	14,8 ± 1,02
7. Цефтазидим	10,8 ± 0,82
8. Стрептомицин	9,2 ± 0,37
9. Гентамицин	19,5 ± 1,35
10. Ципрофлоксацин	21,1 ± 1,40
11. Левофлоксацин	23,7 ± 1,11
12. Норфлоксацин	21,5 ± 0,52

Источник: выполнено И.С. Шульга, М.Е. Остяковой в программе Microsoft Word 2010.

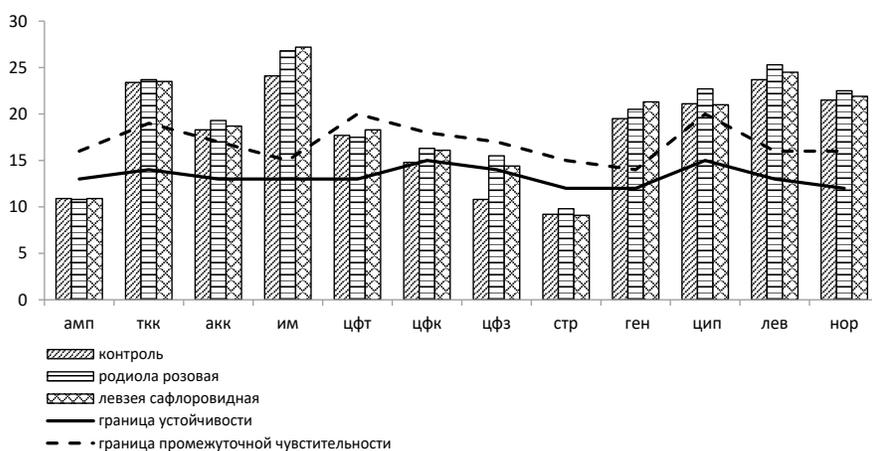
**The value of the diameters of growth suppression zones in *Escherichia coli* to antibacterial drugs by the disco-diffusion method before the influence of adaptogens  $M \pm m, n = 15$**

Name of the antimicrobial drug	Inhibition zone, mm
1. Ampicillin	10.9 ± 1.00
2. Ticarcillin + Clavulanic Acid	23.4 ± 0.31
3. Amoxicillin + Clavulanic Acid	18.3 ± 0.32
4. Imipenem	24.1 ± 0.34
5. Ceftriaxone	17.7 ± 1.35
6. Cefixime	14.8 ± 1.02
7. Ceftazidim	10.8 ± 0.82
8. Streptomycin	9.2 ± 0.37
9. Gentamicin	19.5 ± 1.35
10. Ciprofloxacin	21.1 ± 1.40
11. Levofloxacin	23.7 ± 1.11
12. Norfloxacin	21.5 ± 0.52

Source: compiled by I.S. Shulga, M.E. Ostyakova in Microsoft Word 2010.

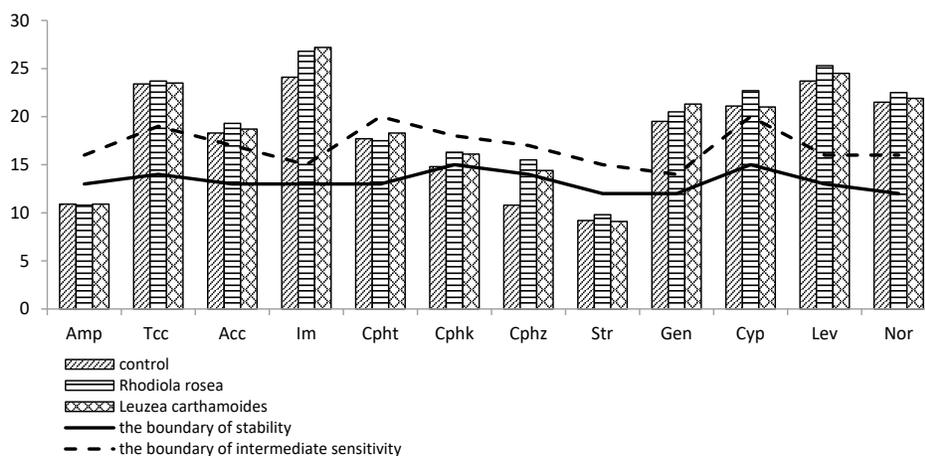
К цефтриаксону *Escherichia coli* обладали промежуточной чувствительностью. Устойчивость отмечается к ампициллину, цефиксиму, цефтазидиму и стрептомицину.

Для сравнительной оценки изменения антибиотикочувствительности культур *Escherichia coli* до и после воздействия на них адаптогенов (рис.) мы также использовали усредненные цифровые данные.



Значение диаметров зон подавления роста при определении чувствительности энтеробактерий рода *Escherichia coli* к антибактериальным препаратам диско-диффузионным методом до и после влияния адаптогенов  $M \pm m, n = 15$ : амп – ампициллин; ттк – тикарциллин с клавулановой кислотой; акк – амоксициллин с клавулановой кислотой; им – имипенем; цфт – цефтриаксон; цфк – цефиксим; цфз – цефтазидим; стр – стрептомицин; ген – гентамицин; цип – ципрофлоксацин; лев – левофлоксацин; нор – норфлоксацин

Источник: выполнено И.С. Шульга, М.Е. Остяковой в программе Microsoft Word 2010.



Values of the diameters of inhibition zones in the determination of susceptibility of *Escherichia coli* enterobacteria to antibacterial drugs by the disk diffusion method before and after the influence of adaptogens *M ± m*, mm, *n* = 15: Amp – ampicillin; Tcc – ticarcillin with clavulanic acid; Acc – amoxicillin with clavulanic acid; Im – imipenem; Cphl – ceftriaxone; Cphk – cefixime; Cphz – ceftazidime; Str – streptomycin; Gen – gentamicin; Cyp – ciprofloxacin; Lev – levofloxacin; Nor – norfloxacin

Source: compiled by I.S. Shulga, M.E. Ostyakova in Microsoft Word 2010.

Из анализа следует, что адаптогены ни к одному антибиотику чувствительность не снижали.

Отвар корня родиолы розовой не изменяет чувствительности *Escherichia coli* к антибиотикам пенициллинового ряда. Она была и оставалась высокой к тикарциллину и амиксциллину в сочетании с клавуналовой кислотой, к ампициллину резистентность сохранилась.

К имипенему данный адаптоген увеличивал зону задержки роста на 16 %, чувствительность остается также высокой.

К антибиотикам цефалоспоринового ряда по-разному меняется чувствительность при воздействии корней родиолы розовой. Так, например, чувствительность к цефтриаксону остается промежуточной, зона задержки роста практически не меняется. К цефиксиму и цефтазидиму устойчивость снизилась на 10 и 43 % соответственно и стала промежуточной.

К аминогликазидам чувствительность под воздействием корней родиолы розовой у *Escherichia coli* не меняется. К антибиотикам фторхинолонового ряда чувствительность так же не изменяется, но зоны подавления роста бактериальной культуры увеличиваются при влиянии ципрофлоксацина и левофлоксацина на 7 % и норфлоксацина на 5 %.

Отвар корней левзеи сафлоровидной не изменяет чувствительности к антибиотикам группы пенициллинов. Значительно зоны задержки роста культур не изменяются. Данный показатель в отношении имипенема увеличивается на 13 %, но чувствительность изначально достаточно высока.

Чувствительность к цефалоспорином варьрует под воздействием левзеи. Так к цефтриаксону промежуточный уровень чувствительности остается прежним, изменяется зона задержки роста незначительно, на 3 %. К цефтазидиму исследуемые *Escherichia coli* резистентны и остаются таковыми, но уровень подавления роста культуры увеличивается на 33 %. Уровень устойчивости к цефиксиму у *Escherichia coli* повышается с абсолютной устойчивости до промежуточной чувствительности, зона задержки роста выросла на 9 %.

К аминогликозидам корень левзеи не изменил изначальной чувствительности *Escherichia coli*. Резистентность к стрептомицину сохраняется. Чувствительность к гентамицину остается высокой, при этом зона подавления роста увеличилась на 9 %.

К группе фторхинолонов чувствительность остается на высоком уровне, зоны задержки роста культуры *Escherichia coli* практически не подвергаются изменениям при предварительном воздействии на культуру отваром корня левзеи сафлоровидной.

Устойчивость к антибиотикам является сложной проблемой, поскольку бактерии постоянно эволюционируют, развивая механизмы, позволяющие им выживать даже при воздействии антимикробных препаратов. Бактерии вырабатывают устойчивость различными способами, часто используя несколько стратегий одновременно.

Механизмы устойчивости могут быть связаны с изменением мишени антибиотика (например, модификацию рибосом или ферментов), производством ферментов, инактивирующих антибиотик (например, бета-лактамазы), изменением проницаемости клеточной мембраны, препятствующим проникновению антибиотика, и активным выкачиванием антибиотика из клетки. Кроме того, устойчивость распространяется между бактериями через горизонтальный перенос генов, включая передачу плазмид, транспозонов и бактериофагов, это позволяет быстро распространять гены устойчивости среди различных видов бактерий. Вертикальный перенос генов также играет роль, передавая устойчивость от материнской клетки к дочерним. В результате устойчивость к антибиотикам ограничивает доступность эффективных методов борьбы с инфекциями [11–13].

Пенициллины, цефалоспорины и карбапенемы — бета-лактамы антибиотики, отличаются по спектру активности и устойчивости к бета-лактамазам. В этом аспекте полученные нами результаты согласуются с результатами других исследований [12, 14, 15].

К пенициллинам чувствительность у *Escherichia coli* после воздействия адаптогенов практически не изменилась независимо от их изначальной устойчивости/чувствительности к препарату. Цефтазидим, цефтриаксон и цефтриаксон — цефалоспорины третьего поколения, их устойчивость была различной, как до, так и после воздействия адаптогенов. Однако после воздействия происходило снижение резистентности *Escherichia coli* на 3...43 % в зависимости от антимикробного препарата и исследуемого фактора. К имепенему (карбопенем) повысилась чувствительность на 13...16 %. К аминогликозидам и фторхинолонам чувствительность под действием адаптогенов менялась не всегда и очень незначительно в пределах 3...9 %.

Считаем, что полученные результаты отражают уровень использования отдельных antimicrobных препаратов в исследуемом животноводческом хозяйстве, что отразилось в закреплении генетических детерминант устойчивости. Чрезмерное и нерациональное использование антибиотиков создает условия, позволяющие выживать и распространяться устойчивым штаммам бактерий.

## Заключение

Исследования влияния родиолы розовой и левзеи сафлоровидной на уровень чувствительности к пяти группам antimicrobных препаратов у *Escherichia coli*, проведенные *in vitro*, предоставляют сведения о возможном их практическом применении в борьбе с лекарственно-устойчивыми инфекциями, показывают потенциальные возможности, которые могут быть использованы для разработки комплексных препаратов antimicrobного действия, а также определяют актуальность дальнейших исследований в данном направлении.

## Список литературы

1. Anand U., Nandy S., Mundhra A., Das N., Pandey D.K., Dey A.A Review on antimicrobial botanicals, phytochemicals and natural resistance modifying agents from Apocynaceae family: possible therapeutic approaches against multidrug resistance in pathogenic microorganisms // Drug Resistance Updates. 2020. Vol. 51. P. 100695. doi: 10.1016/j.drug.2020.100695 EDN: GXRBEW
2. Шкиль Н.Н. Антибиотикорезистентность микроорганизмов и пути ее преодоления в ветеринарии // Труды международной научной онлайн-конференции «АгроНаука-2020»: сб. статей, Новосибирск, 05–06 ноября 2020 г. / Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, Государственная публичная научно-техническая библиотека Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирский государственный аграрный университет. Новосибирск : Государственная публичная научно-техническая библиотека СО РАН, 2020. С. 198–202.
3. Boukli-Hacene F., Djouadi L.N., Raddaoui A., Hachem Y., Boumerdassi H., Achour W., Nateche F. Sheep and goats as reservoirs of colistin-resistant *E. coli*: first detection of ETEC ST10 and *E. coli* ST6396 mcr-1 positive strains in North Africa // Journal of Applied Microbiology. 2024. Vol. 135. № 9. P. 227. doi: 10.1093/jambio/ixae227 EDN: AEDUSE
4. Arbab S., Ullah H., Wang W., Zhang J. Antimicrobial drug resistance against *Escherichia coli* and its harmful effect on animal health // Veterinary Medicine and Science. 2022. Vol. 8. № 4. P. 1780–1786. doi: 10.1002/vms3.825 EDN: YMAHBE
5. Paitan Y. Current trends in antimicrobial resistance of *Escherichia coli* // *Escherichia coli*, a Versatile Pathogen. Current Topics in Microbiology and Immunology / ed. by G. Frankel, E. Ron. 2018. Vol. 416. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/82\\_2018\\_110](https://doi.org/10.1007/82_2018_110)
6. de Sousa J.N., de Oliveira A.B., Ferreira A.K., Silva E., de Sousa L.M., França Rocha M.C., de J.P., Júnior S., William Kaatz G., da Silva Almeida J.R., de Souza J.S., Medeiros Barreto H. Modulation of the resistance to norfloxacin in *Staphylococcus aureus* by *Bauhinia forficata* link // Natural Product Research. 2021. Vol. 35. № 4. P. 681–685. doi: 10.1080/14786419.2019.1590714
7. Uc-Cachón A.H., Dzul-Beh A.J., Palma-Pech G.A., Jiménez-Delgado B., Flores-Guido J.S., Gracida-Osorno C., Molina-Salinas G.M. Antibacterial and antibiofilm activities of Mayan medicinal plants against Methicillin-susceptible and -resistant strains of *Staphylococcus aureus* // Journal of Ethnopharmacology. 2021. Vol. 279. P. 114369. doi: 10.1016/j.jep.2021.114369 EDN: XYUPWV
8. Křížková B., Hoang L., Brdová D., Klementová K., Szemerédi N., Loučková A., Kronusová O., Spengler G., Kašánek P., Hájšlová J., Viktorová J., Lipov J. Modulation of the bacterial virulence and resistance by well-known European medicinal herbs // Journal of Ethnopharmacology. 2023. Vol. 312. P. 116484. doi: 10.1016/j.jep.2023.116484 EDN: NZCYGD

9. Goel R., Tomar A., Bawari S. Insights to the role of phytoconstituents in aiding multi drug resistance — Tuberculosis treatment strategies // *Microbial Pathogenesis*. 2025. Vol. 198. P. 107116. doi: 10.1016/j.micpath.2024.107116 EDN: RALEQZ
10. Шульга И.С., Остякова М.Е. Перспектива снижения антибиотикорезистентности с помощью растительных лекарственных средств у *Escherichia coli* // *Вестник аграрной науки*. 2024. № 3 (108). С. 80–86. doi: 10.17238/issn2587-666X.2024.3.80 EDN: MBACBG
11. Гаврилова И.А., Бусик С.В., Слизень В.В. Антимикробная резистентность *Escherichia coli*, выделенных от пациентов с инфекциями мочевыводящих путей и беременных женщин // *Здравоохранение (Минск)*. 2020. № 4 (877). С. 5–13. EDN: AFVETK
12. Отамуратова Н.Х., Абдухалилова Г.К. Динамика резистентности уропатогенных штаммов *Escherichia coli* к антибактериальным препаратам // *Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия*. 2024. Т. 26. № 2. С. 236–240. doi: 10.36488/смас.2024.2.236-240 EDN: DKCSBY
13. Салахова Д.Н., Роцин Ф.А., Актулаева Х.Р. Антибиотикорезистентность. Механизмы формирования, способы борьбы и профилактики // *Развитие современной молодежной науки: опыт теоретического и эмпирического анализа : сб. статей II Междунар. науч.-практ. конф., Петрозаводск, 21 июня 2021 г. Петрозаводск : Международной центр научного партнерства «Новая Наука», 2021. С. 262–268.*
14. Ахаева Т.А., Сейталиева А.М., Кудайбергенова А., Кайранова Г., Сарсенова Л.К., Жусупова Г.Д., Мусажанова Ж., Аль-Тамими З. Ретроспективное исследование резистентности *E.coli* к антибиотикам у больных инфекционными заболеваниями на примере г. Алматы // *Фармация Казахстана*. 2023. № 5. С. 223–230. doi: 10.53511/pharmkaz.2023.80.40.028 EDN: AEFJKW
15. Демченко А.И. Антибиотикорезистентность *Enterobacteriaceae*. Методы определения и решения проблемы антибиотикорезистентности *Enterobacteriaceae* // *Forcipe*. 2020. Т. 3. № S1. С. 464–465. EDN: AECFLI

## References

1. Anand U, Nandy S, Mundhra A, Das N, Pandey DK, Dey A. A review on antimicrobial botanicals, phytochemicals and natural resistance modifying agents from Apocynaceae family: possible therapeutic approaches against multidrug resistance in pathogenic microorganisms. *Drug Resistance Updates*. 2020;51:100695. doi: 10.1016/j.drug.2020.100695 EDN: GXRBEW
2. Shkil NN. Antibiotic resistance of microorganisms and ways to overcome it in veterinary medicine. *Trudy Mezhdunarodnoi nauchnoi onlain-konferentsii «AgroNauka-2020» [Proceedings of the international scientific online conference “AgroNauka2020”]*. 2020;198–202. (In Russ.).
3. Boukli-Hacene F, Djouadi LN, Raddaoui A, et al. Sheep and goats as reservoirs of colistin-resistant *E. coli*: first detection of ETEC ST10 and *E. coli* ST6396 mcr-1 positive strains in North Africa. *Journal of Applied Microbiology*. 2024;135(9):227. doi: 10.1093/jambio/lxae227 EDN: AEDUSE
4. Arbab S, Ullah H, Wang W, Zhang J. Antimicrobial drug resistance against *Escherichia coli* and its harmful effect on animal health. *Veterinary Medicine and Science*. 2022;8(4):1780–1786. doi: 10.1002/vms3.825 EDN: YMAHBE
5. Paitan Y. Current trends in antimicrobial resistance of *Escherichia coli*. *Current Topics in Microbiology and Immunology*. 2018;416:181–211. doi: 10.1007/82\_2018\_110
6. de Sousa JN, de Oliveira ABM, Ferreira AK, et al. Modulation of the resistance to norfloxacin in *Staphylococcus aureus* by *Bauhinia forficata* link. *Natural Product Research*. 2021;35(4):681–685. doi: 10.1080/14786419.2019.1590714
7. Uc-Cachón AH, Dzul-Beh AJ, Palma-Pech GA, et al. Antibacterial and antibiofilm activities of Mayan medicinal plants against Methicillin-susceptible and -resistant strains of *Staphylococcus aureus*. *Journal of Ethnopharmacology*. 2021;279:114369. doi: 10.1016/j.jep.2021.114369 EDN: XYUPWW
8. Křížková B, Hoang L, Brdová D, et al. Modulation of the bacterial virulence and resistance by well-known European medicinal herbs. *Journal of Ethnopharmacology*. 2023;312:116484. doi: 10.1016/j.jep.2023.116484 EDN: NZCYGD
9. Goel R, Tomar A, Bawari S. Insights to the role of phytoconstituents in aiding multi drug resistance — Tuberculosis treatment strategies. *Microbial Pathogenesis*. 2025;198:107116. doi: 10.1016/j.micpath.2024.107116 EDN: RALEQZ

10. Shulga IS, Ostyakova ME. Prospect of reducing antibiotic resistance in *Escherichia coli* with herbal medicines. *Bulletin of Agrarian Science*. 2024;(3):80–86. (In Russ.). doi: 10.17238/issn2587-666X.2024.3.80 EDN: MBACBG
11. Gavrilova IA, Busik SV, Slug VV. Antibiotic resistance of *Escherichia coli* separated from women having urinary tracts infections and from pregnant women. *Healthcare (Minsk)*. 2020;(4):5–13. (In Russ.). EDN: AFVETK
12. Otamuratova NH, Abdukhalilova GK. Dynamics of antimicrobial resistance of uropathogenic isolates of *Escherichia coli*. *Clinical Microbiology and Antimicrobial Chemotherapy*. 2024;26(2):236–240. (In Russ.). doi: 10.36488/cmac.2024.2.236-240 EDN: DKCSBY
13. Salakhova DN, Roshchin FA, Aktulaeva Kh R. Antibiotic resistance. Mechanisms of formation, methods of control and prevention. *Razvitie sovremennoi molodezhnoi nauki: opyt teoreti-cheskogo i ehmpiricheskogo analiza: sb. statei II Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. [Development of modern youth science: experience of theoretical and empirical analysis: collection of articles of the II International Scientific and Practical Conference]* Petrozavodsk: International Center for Scientific Partnership “New Science”. 2021;262–268. (In Russ.).
14. Akhayeve TA, Seitalieva AM, Kudaibergenova A. Retrospective study of *E. Coli* resistance to antibiotics in patients with infectious diseases on the example of Almatya. *Pharmacy of Kazakhstan*. 2023;(5):223–230. (In Russ.). doi: 10.53511/pharmkaz.2023.80.40.028 EDN: AEFJKW
15. Demchenko AI. Antibiotic Resistance of Enterobacteriaceae. Methods for determining and solving the problem of antibiotic resistance of Enterobacteriaceae. *Forcipe*. 2020;3(S1):464–465. (In Russ.). EDN: AECFLl

#### Об авторах:

Шульга Ирина Станиславовна — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела микробиологии, вирусологии и иммунологии, Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт, Российская Федерация, 675005, г. Благовещенск, ул. Северная, д. 112; e-mail: shulga-1975@mail.ru

ORCID: 0000-0003-2514-3879 SPIN-код: 7451-6886

Остякова Марина Евгеньевна — доктор биологических наук, доцент, директор, Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт, Российская Федерация, 675005, г. Благовещенск, ул. Северная, д. 112; e-mail: dalznividv@mail.ru

ORCID: 0000-0002-2996-0991 SPIN-код: 3038-0685

#### About the authors:

Shulga Irina Stanislavovna — Candidate of Biology, Leading Researcher, Department of Microbiology, Virology, and Immunology, Far East Zone Research Veterinary Institute, 112 Severnaya St., Blagoveshchensk, 675005, Russian Federation; e-mail: shulga-1975@mail.ru

ORCID: 0000-0003-2514-3879 SPIN-code: 7451-6886

Ostyakova Marina Evgenievna — Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Director, Far East Zone Research Veterinary Institute, 112 Severnaya St., Blagoveshchensk, 675005, Russian Federation; e-mail: dalznividv@mail.ru

ORCID: 0000-0002-2996-0991 SPIN-code: 3038-0685