



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-194-200>
УДК 619:579.852.13:636.22/.28

Видовое разнообразие клостридий у крупного рогатого скота

П. Н. Шастин, В. А. Савинов, А. И. Лаишевцев, Е. Д. Мандрыка, Е. А. Фабрикантова, А. В. Супова

ФГБНУ «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии

имени К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко Российской академии наук» (ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН), Рязанский проспект, 24/1, г. Москва, 109428, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Клостридиозы, несмотря на относительно спорадические случаи их возникновения, имеют повсеместное распространение и характеризуются высокой летальностью, что наносит экономический ущерб сельскому хозяйству. У крупного рогатого скота патогенные клостридии вызывают такие заболевания, как энтеротоксемия, злокачественный отек, столбняк, ботулизм. Этиологически значимыми видами клостридий являются *Clostridium septicum*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium chauvoei*, *Clostridium novyi*, *Clostridium sordellii*.

Цель работы. Изучение видового разнообразия клостридий на основании исследований патолого-анатомического и секционного материала крупного рогатого скота из различных регионов России, определение мест их локализации в организме животных, а также антибактериальной устойчивости *Clostridium perfringens* к наиболее распространенным группам антибиотиков.

Материалы и методы. В период проведения исследования руководствовались общепринятыми нормативно-правовыми документами, методическими указаниями, рекомендациями, инструкциями; применяли микробиологические, масс-спектрометрические методы. Для определения антибактериальной устойчивости использовались различные группы препаратов: макролиды, монобактамы, пенициллины, полипептиды, гликопептиды, аминогликозиды, карбапенемы, линкозамиды, тетрациклины, ансамицины, диаминопиримидины, фузидины и др. Изоляты клостридий выделяли, используя рутинные бактериологические методы, видовую идентификацию выполняли с помощью времяпротечной масс-спектрометрии MALDI-ToF.

Результаты. При исследовании 359 образцов биоматериала было выделено и идентифицировано 137 изолятов клостридий (*Paraclostridium bifementans*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium tertium*, *Clostridium butyricum*, *Clostridium septicum*, *Clostridium sporogenes*, *Clostridium cadaveris*, *Clostridium sphenoides*, *Clostridium cochlearium*, *Clostridium sartagoforme*, *Clostridium chauvoei*, *Clostridium novyi*, *Clostridium sordellii*, *Clostridium paraputrificum*, *Clostridium* spp.), из которых 25 обладали патогенными и 17 – токсигенными свойствами. Чаще всего клостридии обнаруживали в печени, тонком и толстом отделах кишечника, мышцах. При этом выявлено превалирование *Clostridium perfringens* (17,5%). Установлена полирезистентность изолятов данного вида бактерии к цеффиксиму, фузидиевой кислоте, цефотаксиму, цефаклору, спектиномицину, пиперациллину, кларитромицину, дорипенему, доксициклину.

Заключение. Полученные результаты могут быть использованы для модификации существующих протоколов лечения клостридиозов, корректировки состава иммунобиологических препаратов, разработки рекомендаций по использованию антибиотиков в животноводстве для снижения рисков развития антимикробной резистентности.

Ключевые слова: клостридии, *Clostridiaceae*, крупный рогатый скот, антибиотикорезистентность, токсигенность, биобезопасность, патогенность, анаэробы

Благодарности: Исследование проведено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект FGUG-2025-0003.

Для цитирования: Шастин П. Н., Савинов В. А., Лаишевцев А. И., Мандрыка Е. Д., Фабрикантова Е. А., Супова А. В. Видовое разнообразие клостридий у крупного рогатого скота. *Ветеринария сегодня*. 2025; 14 (2): 194–200. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-194-200>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Шастин Павел Николаевич, канд. вет. наук, старший научный сотрудник лаборатории диагностики и контроля антибиотикорезистентности возбудителей наиболее клинически значимых инфекционных болезней животных ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, Рязанский проспект, 24/1, г. Москва, 109428, Россия, shastin.pasha@yandex.ru

Clostridium species diversity in cattle

Pavel N. Shastin, Vasily A. Savinov, Aleksey I. Laishevcev, Ekaterina D. Mandryka, Elizaveta A. Fabrikantova, Anastasia V. Supova

Federal Scientific Centre VIEV, 24/1 Ryazansky prospect, Moscow 109428, Russia

ABSTRACT

Introduction. Clostridial infections, though relatively sporadic, are globally ubiquitous and specified by high mortality rates, resulting in substantial economic losses to agriculture. In cattle, pathogenic clostridia cause diseases such as enterotoxemia, malignant edema, tetanus, and botulism. The most clinically significant species include *Clostridium septicum*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium chauvoei*, *Clostridium novyi*, and *Clostridium sordellii*.

Objective. Study of *Clostridium* spp. diversity by examination of autopsy samples and sections of cattle from different regions of Russia; determination of their anatomical localization as well as antibiotic resistance of *Clostridium perfringens* to the most common groups of antibiotics.

Materials and methods. Throughout the study, we adhered to internationally recognized regulatory frameworks and methodological guidelines, employing standardized microbiological and mass-spectrometric methods. Antibiotic resistance was tested against multiple drug groups, such as macrolides, monobactams, penicillins, polypeptides, glycopeptides, aminoglycosides, carbapenems, lincosamides, tetracyclines, ansamycins, diaminopyrimidines, fusidic acid derivatives, etc. *Clostridium* isolates were recovered and identified using routine bacteriological methods coupled with MALDI-ToF mass spectrometry.

© Шастин П. Н., Савинов В. А., Лаишевцев А. И., Мандрыка Е. Д., Фабрикантова Е. А., Супова А. В., 2025

Results. Analysis of 359 biological samples resulted in isolation and identification of 137 *Clostridium* isolates (*Paraclostridium bifermentans*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium tertium*, *Clostridium butyricum*, *Clostridium septicum*, *Clostridium sporogenes*, *Clostridium cadaveris*, *Clostridium sphenoides*, *Clostridium cochlearium*, *Clostridium sartagoforme*, *Clostridium chauvoei*, *Clostridium novyi*, *Clostridium sordellii*, *Clostridium paraputrificum*, *Clostridium* spp.), of which 25 exhibited pathogenic potential and 17 demonstrated toxigenic properties. Clostridia were most frequently isolated from the liver, small and large intestinal segments, and muscular tissues. Herewith, *Clostridium perfringens* prevailed (17.5%). This bacterium isolates demonstrated multiple drug resistance to cefixime, fusidic acid, cefotaxime, cefaclor, spectinomycin, piperacillin, clarithromycin, doripenem and doxycycline.

Conclusion. The obtained results can be used for modification of current clostridial infection treatment protocols, reformulation of immunobiological products, development of evidence-based guidelines for use of antibiotics in livestock production to mitigate antimicrobial resistance risks.

Keywords: *Clostridium*, *Clostridiaceae*, cattle, antibiotic resistance, toxigenicity, biosafety, pathogenicity, anaerobes

Acknowledgements: The study was conducted under the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Project FGUG-2025-0003).

For citation: Shastin P. N., Savinov V. A., Laishevsev A. I., Mandryka E. D., Fabrikantova E. A., Supova A. V. *Clostridium* species diversity in cattle. *Veterinary Science Today*. 2025; 14 (2): 194–200. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-194-200>

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interests.

For correspondence: Pavel N. Shastin, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Senior Researcher, Laboratory for Diagnostics and Control of Antibiotic Resistance of Pathogens of the Most Clinically Significant Infectious Animal Diseases, Federal Scientific Centre VIEV, 24/1 Ryazansky prospekt, Moscow 109428, Russia, shastin.pasha@yandex.ru

ВВЕДЕНИЕ

Впервые род клостридий был описан А. Prazmowski в 1880 г., в настоящее время выявлено более 225 видов данной бактерии в различных регионах планеты. Клостридии являются грамположительными палочками, образующими споры, имеют широкое распространение в окружающей среде, а также входят в состав микробиома человека и животных, но только некоторые из них способны вызывать заболевания у животных [1, 2, 3]. Клостридиозы характеризуются высокой смертностью. Благодаря способности спорообразования клостридии могут долгое время сохраняться в почве, таким образом представляя собой потенциальную угрозу возникновения заболевания [4, 5, 6]. Проникновение в организм животных происходит в основном при поедании контаминированного корма (алиментарным путем), через раны либо при вдыхании. Основными факторами патогенности клостридий являются экзотоксины и ферменты [7, 8, 9, 10], которые обладают гемолитическим, некротизирующим и летальным эффектами. Наиболее сильнодействующими токсинами клостридиального происхождения являются ботулинистический и столбнячный нейротоксины, а также эpsilon-токсин, вырабатываемый *Clostridium perfringens* типов В и D [11, 12, 13, 14].

Появление полирезистентных штаммов клостридий приводит к более широкому распространению клостридиозов. Ряд ученых отмечают низкую терапевтическую эффективность антибактериальных препаратов при клиническом проявлении анаэробной энтеротоксемии у молодняка крупного рогатого скота, высокую летальность и необходимость специфической профилактики [7, 15, 16, 17, 18, 19].

В настоящее время, по данным компонента «Гален» ФГИС «ВетИС», перечень зарегистрированных вакцин против клостридиозов крупного рогатого скота на территории Российской Федерации представлен следующими препаратами: «Клостривак» (Тесновах S. A., Аргентина); «Коглавакс» (Ceva Sante Animale, Франция; Ceva-Phylaxia Veterinary Biologicals Company, Венгрия); «Клостбовакс-8» (ООО «Ветбиохим», Россия); «Клостарм-9»

(ФКП «Армавирская биофабрика», Россия); «Куболак» (CZ Vaccines S. A. U., Испания); «Антокс-9» (ФКП «Ставропольская биофабрика», Россия); «ВанШотУльтра 8» (Zoetis Inc., США); «Скоугард 4КС» (Zoetis Inc., США).

Актуальность и новизна работы заключается в получении данных по антибактериальной устойчивости этиологически значимых изолятов клостридий, о структуре штаммов, выделенных от крупного рогатого скота, токсигенных и патогенных свойствах. Полученные сведения будут способствовать совершенствованию системы контроля за клостридиальными инфекциями крупного рогатого скота, что, в свою очередь, снизит экономические потери животноводства.

Целью работы стало проведение мониторинговых исследований по выявлению клостридий, а также оценка уровня антимикробной резистентности изолятов *Clostridium perfringens*, полученных от крупного рогатого скота из различных регионов России, изучение их токсигенных и патогенных свойств.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена в 2022–2024 гг. на базе лаборатории диагностики и контроля антибиотикорезистентности возбудителей наиболее клинически значимых инфекционных болезней животных ФГБНУ «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К. И. Скрябина и Я. П. Коваленко Российской академии наук» в рамках государственного проекта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (FGUG-2025-0003). В результате собственных исследований получены мониторинговые данные и выполнена практическая часть. Секционный и патолого-анатомический материалы, отобранные от крупного рогатого скота, поступили из различных регионов России: Нижегородской, Московской, Ленинградской, Рязанской, Новосибирской, Пензенской областей, Республики Мордовии.

Биоматериал. Всего было исследовано 359 образцов (печень, сердце, селезенка, легкое, почка, мышца, тонкий и толстый кишечник, желудок, срез с копыта, околоплодные воды и др.).

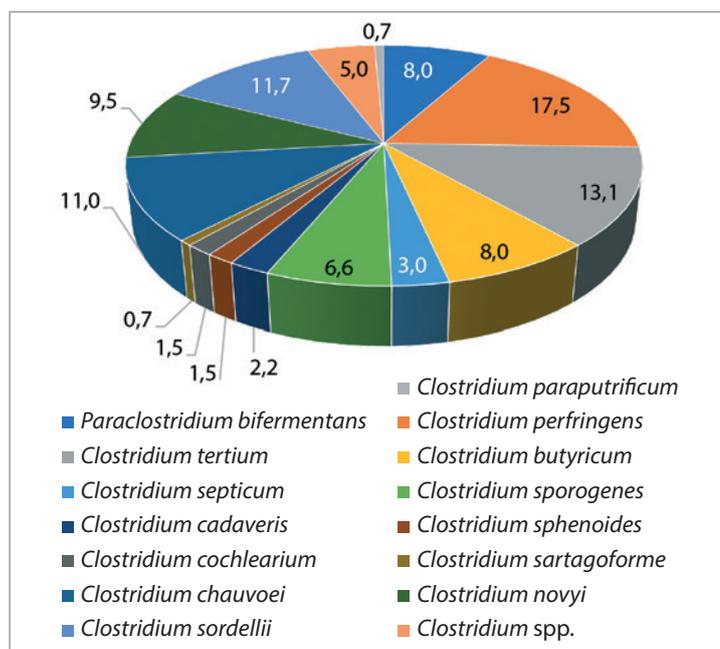


Рис. 1. Видовое разнообразие изолятов клостридий, циркулирующих на территории Российской Федерации (n = 137), %

Fig. 1. Species diversity of *Clostridium* isolates circulating in the Russian Federation (n = 137), %

Выделение изолятов, определение патогенных и токсигенных свойств. Исследование, целью которого было выделение изолятов микроорганизмов, этиологически наиболее значимых для промышленного животноводства, а именно семейства *Clostridiaceae* (клостридии), реализовано согласно ГОСТ 26503-85 «Животные сельскохозяйственные. Методы лабораторной диагностики клостридиозов»¹.

Идентификация клостридий. Видовую идентификацию микроорганизмов выполняли методом масс-спектрометрии с использованием системы MALDI Biotyper (Bruker Daltonik GmbH, Германия) согласно «Методическим указаниям по идентификации микроорганизмов с применением масс-спектрометра MALDI Biotyper при исследовании продовольственного сырья и пищевых продуктов» (одобрены НТС Россельхознадзора от 03.04.2014).

Определение антибактериальной резистентности культур микроорганизмов проводили диско-диффузионным методом в соответствии с МУК 4.2.1890-04 «Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам»². В ходе реализации научной работы были использованы антибактериальные препараты различных групп (HiMedia Laboratories Pvt Ltd., Индия): макролиды (азитромицин 15 мг, кларитромицин 15 мг, пристиномицин 15 мг, спирамицин 30 мг, тилозин 15 мг, эритромицин 15 мг), монобактамы (азтреонам 30 мг), пенициллины (амоксиклав 30 мг, амоксициллин 25 мг, ампициллин 25 мг, бензилпенициллин 10 мг, карбенициллин 100 мг, пиперациллин 100 мг), полипептиды (бацитрацин 10 мг, полимиксин-В 50 мг), хлорамфеникол 30 мг, гликопептиды (ванкомицин 30 мг), аминогликозиды (гентамицин 30 мг, канамицин 30 мг, спектиномицин

100 мг, стрептомицин 25 мг), карбапенемы (дорипенем 10 мг), линкозамиды (клиндамицин 2 мг, линкомицин 10 мг), фторхинолоны (левофлоксацин 5 мг, норфлоксацин 10 мг, офлоксацин 5 мг, пефлоксацин 5 мг, цiproфлоксацин 30 мг, энрофлоксацин 10 мг), тетрациклины (окситетрациклин 30 мг, тетрациклин 30 мг, хлортетрациклин 30 мг, доксициклин 30 мг), ансамицины (рифампицин 15 мг), сульфаниламиды (сульфадиазин 100 мг, сульфафуразол 300 мг), диаминопиримидины (триметоприм 25 мг), цефалоспорины (цефиксим 5 мг, цефазолин 30 мг, цефаклор 30 мг, цефалексин 30 мг, цефотаксим 30 мг, цефепим 30 мг, цефоперазон 75 мг, цефпиром 30 мг, цефтриаксон 30 мг), производные фосфомойной кислоты (фосфомицин 50 мг), фузидины (фузидиевая кислота 30 мг).

Интерпретацию результатов проводили в соответствии с рекомендациями CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute) и EUCAST (European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing) [20, 21].

Статистическая обработка результатов велась с использованием Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований выделено и идентифицировано 137 изолятов следующих клостридий: *Paraclostridium bifermentans*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium tertium*, *Clostridium butyricum*, *Clostridium septicum*, *Clostridium sporogenes*, *Clostridium cadaveris*, *Clostridium sphenoides*, *Clostridium cochlearium*, *Clostridium sartagoforme*, *Clostridium chauvoei*, *Clostridium novyi*, *Clostridium sordellii*, *Clostridium parapatrificum*, *Clostridium spp.*

Установлено видовое разнообразие изолятов клостридий, циркулирующих на территории Российской Федерации, которое представлено на рисунке 1.

Выявлено преобладание *C. perfringens* – 17,5%, далее по убыванию распространения имеют *C. tertium* – 13,1%, *C. sordellii* – 11,7%, *C. chauvoei* – 11,0%, *C. novyi* – 9,5%, *P. bifermentans* и *C. butyricum* – 8,0%, *C. sporogenes* – 6,6%, *Clostridium spp.* – 5,0%, *C. septicum* – 3,0%, *C. cadaveris* – 2,2%, *C. sphenoides* и *C. cochlearium* – по 1,5%, наименьшую долю составляют изоляты *C. sartagoforme* и *C. parapatrificum* – 0,7%.

Результаты определения антибиотикорезистентности изолятов *C. perfringens* (n = 24), выделенных от крупного рогатого скота из различных регионов Российской Федерации, представлены на рисунке 2.

Согласно полученным данным, можно утверждать, что изоляты *C. perfringens* (n = 24) резистентны к цефиксиму, фузидиевой кислоте, цефотаксиму, цефаклору, спектиномицину, пиперациллину, кларитромицину, дорипенему, доксициклину. Антибиотикорезистентность к ампициллину составила 85%, к амоксициллину, хлортетрациклину, ванкомицину, рифампицину и цiproфлоксацину – 80%, к тилозину и амоксиклаву – 75%, к сульфадиазину, цефалексину, офлоксацину и полимиксину-В – 60%, к пефлоксацину и цефоперазону – 55%, к бензилпенициллину, клиндамицину, цефтриаксону и хлорамфениколу – 50%, к энрофлоксацину, цефазолину, тетрациклину и стрептомицину – 45% изолятов. 40% изолятов *C. perfringens* имели устойчивость к бацитрацину, норфлоксацину, фосфомицину, 35% изолятов – к левофлоксацину, линкомицину, окситетрациклину, 25% изолятов – к эритромицину, спирамицину и гентамицину, 20% изолятов – к азитромицину,

¹ <https://base.garant.ru/5916932>

² <https://docs.cntd.ru/document/1200038583>

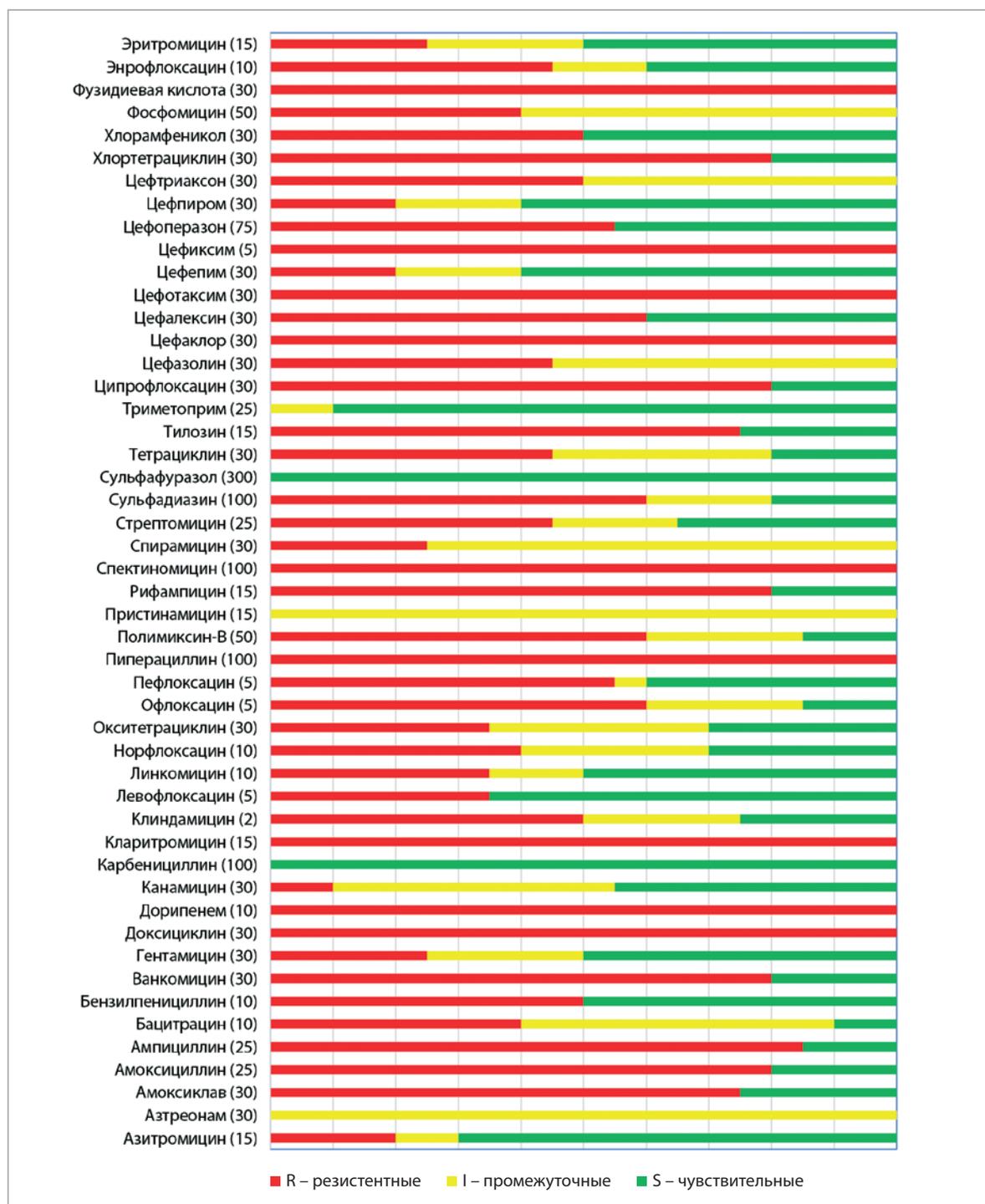


Рис. 2. Антибактериальная устойчивость изолятов *C. perfringens* (n = 24), полученных от крупного рогатого скота
 Fig. 2. Antibiotic resistance of *C. perfringens* isolates (n = 24) recovered from cattle

цефепиму, цефпирому. К сульфафуразолу и карбенициллину были чувствительны все исследуемые изоляты *C. perfringens* (100%), к триметоприму – 90%, к азитромицину – 70%, а к левофлоксацину – 65%, к канамицину – 45% изолятов. Промежуточной чувствительностью к азтреонаму и пристинамицину обладали все исследуемые штаммы, к спирамицину – 75%, к фосфомицину – 60%, к цефазолину – 55%, к канамицину – 45% изолятов.

Среди 137 выделенных изолятов клостридий у 25 установлены патогенные свойства и у 17 – токсигенные. Полученные данные представлены графически в процентах на рисунках 3 и 4.

Патогенными свойствами в большинстве случаев обладали изоляты *C. perfringens* (6,6%). Наличие факторов патогенности выявлено у 5,1% штаммов *C. novyi*, у 4,4% изолятов *C. chauvoei*, у 1,5% штаммов *C. septicum* и у 0,7% изолятов *Clostridium* spp. Токсигенные свойства установлены у *C. sordellii* (3,7%), *C. perfringens* (3,7%), *C. novyi* (3,0%), *C. septicum* (1,5%) и *Clostridium* spp. (0,7%).

Места локализации клостридий в организме крупного рогатого скота представлены в таблице.

Согласно приведенным данным, чаще всего клостридии выделяли из печени, тонкого и толстого отделов кишечника, а также мышц.

Таблица
Места локализации клостридий в организме крупного рогатого скота

Table
Localization of *Clostridia* in cattle

Вид клостридий	Наименование биоматериала										
	Сердце	Печень	Селезенка	Легкое	Почка	Мышца	Тонкий кишечник	Толстый кишечник	Желудок	Срез с копыт	Околоплодные воды
<i>Paraclostridium bifementans</i>	-	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-
<i>Clostridium tertium</i>	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-
<i>Clostridium perfringens</i>	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+
<i>Clostridium butyricum</i>	-	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-
<i>Clostridium cochlearium</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Clostridium sartagoforme</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Clostridium septicum</i>	-	+	-	-	+	+	-	+	-	-	-
<i>Clostridium sporogenes</i>	-	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-
<i>Clostridium sphenoides</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Clostridium chauvoei</i>	-	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-
<i>Clostridium novyi</i>	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Clostridium sordellii</i>	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Clostridium paraputrificum</i>	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Clostridium</i> spp.	-	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-
<i>Clostridium cadaveris</i>	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-

Клостридии являются широко распространенными микроорганизмами, вызывающими заболевания у животных, птиц и людей. Устойчивость к противомикробным препаратам является серьезной проблемой в ветеринарии ввиду того, что 80% всех антибиотиков в мире применяется в сельском хозяйстве, в том числе в качестве кормовых добавок и стимуляторов роста. Полученные при проведении настоящего исследования результаты по антимикробной резистентности к цефотаксиму согласуются с данными Н. А. Безбородовой и соавт. [7], Н. А. Ahmed et al. [22]. В работе, проведенной иранскими исследователями F. Khademi et al., отмечена устойчивость *C. perfringens* к ампициллину (25,8%), эритромицину (32,9%), гентамицину (45,4%), тетрациклину (19,5%), амоксициллину (19,3%), бацитрацину (89,1%) [23]. Группа ученых из Китая и Пакистана исследовала 11 наиболее часто используемых антибиотиков, 2 из них не оказывали ингибирующего воздействия, 5 – были эффективны, а 4 – обладали умеренной активностью против *C. perfringens*. Линкомицин и амикацин не ингибировали изоляты, тетрациклин, пенициллин, эритромицин и окситетрациклин в меньшей степени подавляли рост клостридий. Ученые пришли к выводу о целесообразности использования нескольких видов антибиотиков, что является более эффективным подходом для подавления бактериальной инфекции [24]. Исследователи из Кот-д’Ивуара в своей работе определили, что уровень антибиотикорезистентности

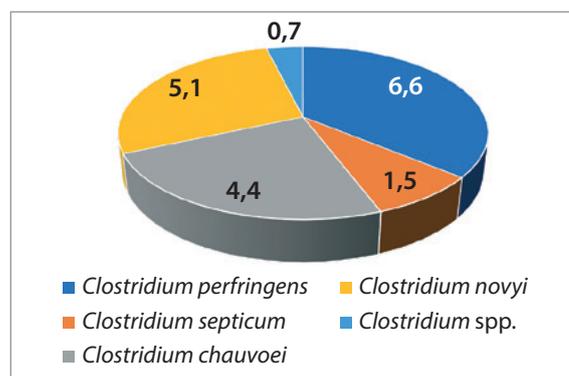


Рис. 3. Видовой состав изолятов клостридий, обладающих патогенными свойствами, %

Fig. 3. Species composition of *Clostridium* isolates with pathogenic properties, %

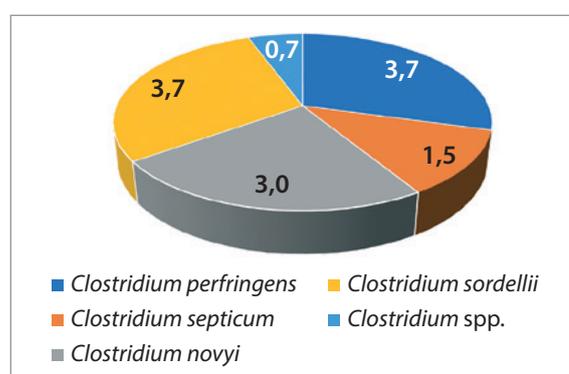


Рис. 4. Видовой состав изолятов клостридий, обладающих токсигенными свойствами, %

Fig. 4. Species composition of *Clostridium* isolates with toxic properties, %

у *C. perfringens* к тетрациклину, доксициклину, хлорамфениколу, эритромицину составляет от 20 до 50% [25]. Группа ученых из Южной Кореи при изучении степени распространенности и устойчивости *C. perfringens* к антибиотикам установила, что резистентность к тетрациклину составила 100%, к ампициллину – 31,6%, к хлорамфениколу – 68,4%, к метронидазолу – 34,2%, к имипенему – 71%. Также авторы исследования отмечают важный момент комбинированной устойчивости 78,9% изолятов к нескольким антимикробным препаратам [26].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований секционного и патматериала от крупного рогатого скота в 2022–2024 гг. выделено 137 изолятов клостридий, из них у 25 установлены патогенные свойства, а у 17 – токсигенные. Наиболее частыми местами локализации клостридий были печень, толстый и тонкий отделы кишечника, мышцы, желудок. Также бактерии обнаруживали в почках, селезенке, околоплодных водах и смывах с копыт.

При проведении мониторинговых исследований по определению антимикробной резистентности изолятов *C. perfringens* выявлена устойчивость к цефаксиму, фузидиевой кислоте, цефотаксиму, цефаклору, спектиномицину, пиперациллину, кларитромицину, дорипенему, доксициклину.

Результаты данного исследования могут быть использованы для модификации существующих протоколов лечения клостридиальных инфекций, корректировки состава иммунобиологических препаратов, разработки рекомендаций по использованию антибиотиков в животноводстве для снижения рисков развития антимикробной резистентности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Капустин А. В., Алипер Т. И. Эпизоотология и профилактика клостридиозов крупного рогатого скота. *Единый мир – единое здоровье: материалы VII Международного ветеринарного конгресса (Уфа, 19–21 апреля 2017 г.)*. Уфа: Российская ветеринарная ассоциация; 2017; 106–108. <https://elibrary.ru/zarmnr>
- Судоргина Т. Е., Глотова Т. И., Нefeldchenko A. B., Koteneva S. B., Velker D. A., Glotov A. G. Частота выделения бактерий *Clostridium* spp. и их ассоциаций при различных формах клостридиоза крупного рогатого скота. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2024; 54 (3): 55–62. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-3-6>
- Salvarani F. M., Vieira E. V. Clostridial infections in cattle: a comprehensive review with emphasis on current data gaps in Brazil. *Animals*. 2024; 14 (20):2919. <https://doi.org/10.3390/ani14202919>
- Robi D. T., Mossie T., Temteme S. A comprehensive review of the common bacterial infections in dairy calves and advanced strategies for health management. *Veterinary Medicine: Research and Reports*. 2024; 15: 1–14. <https://doi.org/10.2147/vmrr.s452925>
- Santos B. L., Ladeira S. R. L., Riet-Correa F., Soares M. P., Marcolongo-Pereira C., Sallis E. S. V., et al. Clostridial diseases diagnosed in cattle from the South of Rio Grande do Sul, Brazil. A forty-year survey (1978–2018) and a brief review of the literature. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 2019; 39 (7): 435–446. <http://doi.org/10.1590/1678-5150-pvb-6333>
- Popoff M. R., Bouvet P. Clostridial toxins. *Future Microbiology*. 2009; 4 (8): 1021–1064. <https://doi.org/10.2217/fmb.09.72>
- Безбородова Н. А., Соколова О. В., Кожуховская В. В., Томских О. Г., Печура Е. В., Суздальцева М. А. Патогенные виды клостридий и их устойчивость к антибиотикам, факторы вирулентности и геномные особенности. *Инновации и продовольственная безопасность*. 2023; (3): 39–51. <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2023-41-3-39-51>
- Глотова Т. И., Терентьева Т. Е., Глотов А. Г. Возбудители и возрастная восприимчивость крупного рогатого скота к клостридиозам. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2017; 47 (1): 90–96. <https://elibrary.ru/ylkev>
- Kapustin A. V., Laishevcev A. I., Ivanov E. V., Danilyuk A. V. Species diversity of *Clostridia* causing malignant edema in cattle. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 548 (7):072041. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/7/072041>
- Мельцов И. В., Блохин А. А., Сухинин А. А., Батомункуев А. С., Кутцова Л. А. Эпизоотологическое расследование вспышки эмфизематозного карбункула крупного рогатого скота (на примере Иркутской области). *Международный вестник ветеринарии*. 2024; (3): 84–94. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2024.3.84>
- Rings D. M. Clostridial disease associated with neurologic signs: tetanus, botulism, and enterotoxemia. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2004; 20 (2): 379–391. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2004.02.006>
- Otter A., Uzal F. A. Clostridial diseases in farm animals: 2. Histotoxic and neurotoxic diseases. *In Practice*. 2020; 42 (5): 279–288. <https://doi.org/10.1136/inp.m1984>
- Otter A., Uzal F. A. Clostridial diseases in farm animals: 1. Enterotoxaemias and other alimentary tract infections. *In Practice*. 2020; 42 (4): 219–232. <https://doi.org/10.1136/inp.m1462>
- Jing W., Pilato J. L., Kay C., Feng S., Tuipulotu D. E., Mathur A., et al. *Clostridium septicum* α -toxin activates the NLRP3 inflammasome by engaging GPI-anchored proteins. *Science Immunology*. 2022; 7 (71):eabm1803. <https://doi.org/10.1126/sciimmunol.abm1803>
- Kapustin A. V., Laishevcev A. I., Motorygin A. V. Emphysematous carbuncle in cattle. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2021; (1): 149–156. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2021-01.20>
- Капустин А. В. Разработка вакцин против эмфизематозного карбункула крупного рогатого скота. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2016; (5): 97–102. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2016-05.13>
- Терентьева Т. Е., Глотова Т. И., Котенева С. В., Глотов А. Г. Видовой спектр бактерий рода *Clostridium*, выделенных от крупного рогатого скота на молочных комплексах. *Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные*. 2016; (1): 5–8. <https://elibrary.ru/vmdwdn>
- Козлова А. Д., Горбачева Н. С., Клименкова О. В., Лаишевцев А. И., Капустин А. В., Яцентюк С. П. Использование молекулярно-генетических методов для типирования *Clostridium perfringens*. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2017; (3): 188–194. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2017-03.23>

- Скляр О. Д., Капустин А. В., Лаишевцев А. И., Гулюкин А. М. Интерференция компонентов в поливалентной вакцине против клостридиозов крупного и мелкого рогатого скота. *Российский ветеринарный журнал*. 2017; (1): 20–23. <https://elibrary.ru/xxyqvr>
- Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). <https://clsi.org>
- European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST). <https://www.eucast.org>
- Ahmed H. A., El Bayomi R. M., Hamed R. I., Mohsen R. A., El-Gohary F. A., Hefny A. A., et al. Genetic relatedness, antibiotic resistance, and effect of silver nanoparticle on biofilm formation by *Clostridium perfringens* isolated from chickens, pigeons, camels, and human consumers. *Veterinary Sciences*. 2022; 9 (3):109. <https://doi.org/10.3390/vetsci9030109>
- Khademi F., Sahebkar A. The prevalence of antibiotic-resistant *Clostridium* species in Iran: a meta-analysis. *Pathogens and Global Health*. 2019; 113 (2): 58–66. <https://doi.org/10.1080/20477724.2019.1603003>
- Khan M. U. Z., Humza M., Yang S., Iqbal M. Z., Xu X., Cai J. Evaluation and optimization of antibiotics resistance profile against *Clostridium perfringens* from buffalo and cattle in Pakistan. *Antibiotics*. 2021; 10 (1):59. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10010059>
- Kouassi K. A., Dadie A. T., N'Guessan K. F., Dje K. M., Loukou Y. G. *Clostridium perfringens* and *Clostridium difficile* in cooked beef sold in Côte d'Ivoire and their antimicrobial susceptibility. *Anaerobe*. 2014; 28: 90–94. <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2014.05.012>
- Jang Y.-S., Kim D.-H., Bae D., Kim S.-H., Kim H., Moon J.-S., et al. Prevalence, toxin-typing, and antimicrobial susceptibility of *Clostridium perfringens* from retail meats in Seoul, Korea. *Anaerobe*. 2020; 64:102235. <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2020.102235>

REFERENCES

- Kapustin A. V., Aliper T. I. Epizootologiya i profilaktika klostridiozov krupnogo rogatogo skota = Epizootology and prevention of bovine clostridial diseases. *Edinyi mir – edinoe zdorov'e: materialy VII Mezhdunarodnogo veterinarnogo kongressa (Ufa, 19–21 aprelya 2017 g.) = One World – One Health: Materials of VII International Veterinary Congress (Ufa, April 19–21, 2017)*. Moscow: Russian Veterinary Association; 2017; 106–108. <https://elibrary.ru/zarmnr> (in Russ.)
- Sudorgina T. E., Glotova T. I., Nefeldchenko A. V., Koteneva S. V., Velker D. A., Glotov A. G. The frequency of bacterial isolation of *Clostridium* spp. and their associations in various forms of clostridiosis in cattle. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2024; 54 (3): 55–62. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-3-6>
- Salvarani F. M., Vieira E. V. Clostridial infections in cattle: a comprehensive review with emphasis on current data gaps in Brazil. *Animals*. 2024; 14 (20):2919. <https://doi.org/10.3390/ani14202919>
- Robi D. T., Mossie T., Temteme S. A comprehensive review of the common bacterial infections in dairy calves and advanced strategies for health management. *Veterinary Medicine: Research and Reports*. 2024; 15: 1–14. <https://doi.org/10.2147/vmrr.s452925>
- Santos B. L., Ladeira S. R. L., Riet-Correa F., Soares M. P., Marcolongo-Pereira C., Sallis E. S. V., et al. Clostridial diseases diagnosed in cattle from the South of Rio Grande do Sul, Brazil. A forty-year survey (1978–2018) and a brief review of the literature. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 2019; 39 (7): 435–446. <http://doi.org/10.1590/1678-5150-pvb-6333>
- Popoff M. R., Bouvet P. Clostridial toxins. *Future Microbiology*. 2009; 4 (8): 1021–1064. <https://doi.org/10.2217/fmb.09.72>
- Bezborodova N. A., Sokolova O. V., Kozhukhovskaya V. V., Tomskikh O. G., Pechura E. V., Suzdal'tseva M. A. Pathogenic species of *Clostridia* and their antibiotic resistance, virulence factors, and genomic features. *Innovations and Food Safety*. 2023; (3): 39–51. <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2023-41-3-39-51> (in Russ.)
- Glotova T. I., Terentyeva T. E., Glotov A. G. Pathogens and age susceptibility of cattle to clostridiosis. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2017; 47 (1): 90–96. <https://elibrary.ru/ylkev> (in Russ.)
- Kapustin A. V., Laishevcev A. I., Ivanov E. V., Danilyuk A. V. Species diversity of *Clostridia* causing malignant edema in cattle. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 548 (7):072041. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/7/072041>
- Meltsov I. V., Blokhin A. A., Sukhinin A. A., Batomunkuyev A. S., Kutsova L. A. Epizootological investigation of an outbreak of emphysematous carbuncle in cattle (case study in the Irkutsk Region). *International Bulletin of Veterinary Medicine*. 2024; (3): 84–94. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2024.3.84> (in Russ.)
- Rings D. M. Clostridial disease associated with neurologic signs: tetanus, botulism, and enterotoxemia. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2004; 20 (2): 379–391. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2004.02.006>
- Otter A., Uzal F. A. Clostridial diseases in farm animals: 2. Histotoxic and neurotoxic diseases. *In Practice*. 2020; 42 (5): 279–288. <https://doi.org/10.1136/inp.m1984>
- Otter A., Uzal F. A. Clostridial diseases in farm animals: 1. Enterotoxaemias and other alimentary tract infections. *In Practice*. 2020; 42 (4): 219–232. <https://doi.org/10.1136/inp.m1462>
- Jing W., Pilato J. L., Kay C., Feng S., Tuipulotu D. E., Mathur A., et al. *Clostridium septicum* α -toxin activates the NLRP3 inflammasome by engaging

GPI-anchored proteins. *Science Immunology*. 2022; 7 (71):eabm1803. <https://doi.org/10.1126/sciimmunol.abm1803>

15. Kapustin A. V., Laishevtsev A. I., Motorygin A. V. Emphysematous carbuncle in cattle. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2021; (1): 149–156. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2021-01.20>

16. Kapustin A. V. Development of a vaccine against blackleg of cattle. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2016; (5): 97–102. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2016-05.13> (in Russ.)

17. Terentjeva T. E., Glotova T. I., Koteneva S. V., Glotov A. G. Species spectrum of bacteria of genus *Clostridium* isolated from cattle on big dairy farms. *Russian Veterinary Journal. Productive Animals*. 2016; (1): 5–8. <https://elibrary.ru/vmdwdn> (in Russ.)

18. Kozlova A. D., Gorbacheva N. S., Klimenkova O. V., Laishevtsev A. I., Kapustin A. V., Yatsentyuk S. P. The use of molecular genetic techniques for the typing of *Clostridium perfringens*. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2017; (3): 188–194. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2017-03.23> (in Russ.)

19. Sklyarov O. D., Kapustin A. V., Laishevtsev A. I., Gulyukin A. M. Interference of components in a polyvalent vaccine against clostridiosis of cattle and small cattle. *Russian Veterinary Journal*. 2017; (1): 20–23. <https://elibrary.ru/xyqvr> (in Russ.)

20. Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). <https://clsi.org>

21. European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST). <https://www.eucast.org>

22. Ahmed H. A., El Bayomy R. M., Hamed R. I., Mohsen R. A., El-Gohary F. A., Hefny A. A., et al. Genetic relatedness, antibiotic resistance, and effect of silver nanoparticle on biofilm formation by *Clostridium perfringens* isolated from chickens, pigeons, camels, and human consumers. *Veterinary Sciences*. 2022; 9 (3):109. <https://doi.org/10.3390/vetsci9030109>

23. Khademi F., Sahebkar A. The prevalence of antibiotic-resistant *Clostridium* species in Iran: a meta-analysis. *Pathogens and Global Health*. 2019; 113 (2): 58–66. <https://doi.org/10.1080/20477724.2019.1603003>

24. Khan M. U. Z., Humza M., Yang S., Iqbal M. Z., Xu X., Cai J. Evaluation and optimization of antibiotics resistance profile against *Clostridium perfringens* from buffalo and cattle in Pakistan. *Antibiotics*. 2021; 10 (1):59. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10010059>

25. Kouassi K. A., Dadie A. T., N'Guessan K. F., Dje K. M., Loukou Y. G. *Clostridium perfringens* and *Clostridium difficile* in cooked beef sold in Côte d'Ivoire and their antimicrobial susceptibility. *Anaerobe*. 2014; 28: 90–94. <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2014.05.012>

26. Jang Y.-S., Kim D.-H., Bae D., Kim S.-H., Kim H., Moon J.-S., et al. Prevalence, toxin-typing, and antimicrobial susceptibility of *Clostridium perfringens* from retail meats in Seoul, Korea. *Anaerobe*. 2020; 64:102235. <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2020.102235>

Поступила в редакцию / Received 10.01.2025

Поступила после рецензирования / Revised 20.02.2025

Принята к публикации / Accepted 24.04.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Шастин Павел Николаевич, канд. вет. наук, старший научный сотрудник лаборатории диагностики и контроля антибиотикорезистентности возбудителей наиболее клинически значимых инфекционных болезней животных ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-7360-927X>, shastin.pasha@yandex.ru

Савинов Василий Александрович, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории микологии и антибиотиков им. А. Х. Саркисова ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-1891-0005>, visik06@mail.ru

Лаишевцев Алексей Иванович, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник, и. о. заведующего лабораторией диагностики и контроля антибиотикорезистентности возбудителей наиболее клинически значимых инфекционных болезней животных ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-5050-2274>, a.laishevtsev@gmail.com

Мандрыка Екатерина Дмитриевна, микробиолог лаборатории диагностики и контроля антибиотикорезистентности возбудителей наиболее клинически значимых инфекционных болезней животных ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0009-0004-6941-9499>, mandryka.ekaterina@yandex.ru

Фабрикантова Елизавета Алексеевна, микробиолог лаборатории диагностики и контроля антибиотикорезистентности возбудителей наиболее клинически значимых инфекционных болезней животных ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-4465-8640>, el@novokchenova.ru

Супова Анастасия Владимировна, научный сотрудник лаборатории диагностики и контроля антибиотикорезистентности возбудителей наиболее клинически значимых инфекционных болезней животных ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-0728-538X>, supova.nastya@yandex.ru

Pavel N. Shastin, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Senior Researcher, Laboratory for Diagnostics and Control of Antibiotic Resistance of Pathogens of the Most Clinically Significant Infectious Animal Diseases, Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-7360-927X>, shastin.pasha@yandex.ru

Vasily A. Savinov, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Laboratories of Mycology and Antibiotics named after A. H. Sarkisov, Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-1891-0005>, visik06@mail.ru

Aleksey I. Laishevtsev, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, Acting Head, Laboratory for Diagnostics and Control of Antibiotic Resistance of Pathogens of the Most Clinically Significant Infectious Animal Diseases, Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-5050-2274>, a.laishevtsev@gmail.com

Ekaterina D. Mandryka, Microbiologist, Laboratory for Diagnostics and Control of Antibiotic Resistance of Pathogens of the Most Clinically Significant Infectious Animal Diseases, Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0009-0004-6941-9499>, mandryka.ekaterina@yandex.ru

Elizaveta A. Fabrikantova, Microbiologist, Laboratory for Diagnostics and Control of Antibiotic Resistance of Pathogens of the Most Clinically Significant Infectious Animal Diseases, Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-4465-8640>, el@novokchenova.ru

Anastasia V. Supova, Researcher, Laboratory for Diagnostics and Control of Antibiotic Resistance of Pathogens of the Most Clinically Significant Infectious Animal Diseases, Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-0728-538X>, supova.nastya@yandex.ru

Вклад авторов: Шастин П. Н. – подбор и анализ источников по теме, анализ экспериментальных и лабораторных исследований, написание текста статьи; Савинов В. А. – подбор и анализ источников по теме; Лаишевцев А. И. – редактирование текста статьи, формальный анализ, формулировка выводов; Мандрыка Е. Д. и Фабрикантова Е. А. – проведение микробиологических исследований, сбор и систематизация данных; Супова А. В. – проведение микробиологических исследований, обобщение и интерпретация результатов исследования.

Contribution of the authors: Shastin P. N. – source selection and analysis, experimental and laboratory data analysis, paper writing; Savinov V. A. – source selection and analysis; Laishevtsev A. I. – paper editing, formal analysis, drawing conclusions; Mandryka E. D. and Fabrikantova E. A. – microbiological tests, data accumulation and systematization; Supova A. V. – microbiological tests, test result compilation and interpretation.