

ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗДРАВООХРАНЕНИЮ

EDN: <https://elibrary.ru/kezclj>DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2025-65-7-468-476>

УДК 613.6:57:579.86:636

© Коллектив авторов, 2025

Масягутова Л.М.^{1,2}, Гизатуллина Л.Г.¹, Бакиров А.Б.^{1,2}, Зайдуллин И.И.¹**Оценка содержания грамположительных штаммов микроорганизмов, идентифицированных в производственной среде животноводческих комплексов**¹ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», ул. Степана Кувыкина, 94, Уфа, 450106;²ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Ленина, 3, Уфа, 450008

Введение. Современные животноводческие предприятия обеспечивают продовольственную безопасность страны. Внедряемая автоматизация технологических процессов способна снизить воздействие традиционных вредных факторов. В связи с этим, именно биологический фактор является одним из основных факторов профессионального риска. Широкое использование антибиотиков и кормовых добавок способствует появлению штаммов с множественной лекарственной устойчивостью. Устойчивые к антибиотикам бактерии (ARB) и гены устойчивости к антибиотикам (ARG), циркулируют среди животных и окружающей среде и могут представлять опасность для лиц, находящиеся в контакте с животными.

Цель исследования — оценить содержание и устойчивость к антибактериальным препаратам (с выявлением генов резистентности) приоритетных грамположительных микроорганизмов-возбудителей оппортунистических инфекций в производственной среде животноводческого комплекса.

Материалы и методы. Проанализировано содержание грамположительных штаммов микроорганизмов, идентифицированных в производственной среде животноводческих комплексов. Изучена антибиотикочувствительности выделенных штаммов *Staphylococcus aureus* и *Enterococcus faecalis*. Проведена диагностика метициллинорезистентности 89 изолятов *Staphylococcus aureus* методом ПЦР с гибридизационно-флуоресцентной детекцией.

Результаты. Содержание микроорганизмов в воздухе рабочей зоны составляет от 112 124 до 242 700 микробных тел/м³. Доминирует грамположительная флора, с преобладанием представителей рода *Enterococcus* (в 60±5,3% проб). Суммарное содержание бактерий рода *Staphylococcus* — до 20±4,6% проб.

В структуре микроорганизмов при исследовании смывов с поверхностей в рабочей зоне установлено преобладание штаммов рода *Staphylococcus* (в 90±3,8% проб) и рода *Enterococcus* (в 95,0±0,5% проб), вид *Enterococcus faecalis* выделен в 85,0±2,7% проб. Грамотрицательная флора идентифицирована в 40±1,6% проб (*Proteus vulgaris*, *Escherichia coli*, *Citrobacter freundii*, *Klebsiella spp.* в количестве 10⁶ КОЕ/тампон). Основную массу выделенных микроорганизмов составили 2–3-компонентные культуры (90±1,6%). Штаммы демонстрируют резистентность к: тетрациклам (100%), макролидам (88,2%), фторхинолонам (ципрофлоксацин — 35,3%, норфлоксацин — 41,2%), линкозамидам (клиндамицин — 88,3%); аминогликозидам (амикацин — 82%, гентамицин — 58,8%, тобрамицин — 88,2%), пеницилинам (ампициллин — 57%) и гликопептидам (ванкомицин — 46,6%). Для всех *Staphylococcus aureus* характерна одновременная резистентность к нескольким антибиотикам. В изученной выборке идентифицирована ДНК метициллин-резистентность (*mecA*) *Staphylococcus aureus* в 38,2% проанализированных проб.

Все изоляты вида *Enterococcus faecalis* демонстрируют 100% устойчивость к имипенему и эритромицину, и чувствительности к ампициллину в 90,1% случаев. До 90% штаммов устойчивы к гентамицину, левофлоксацину и цефтриаксону. Половина (50,0±5,50%) изолятов *Enterococcus faecalis* обладают множественной лекарственной резистентностью (к трём и более классам антибактериальных препаратов).

Ограничения исследования. Ограничением данного исследования является одномоментный отбор проб в зимнее время, до проведения очистки и дезинфекции помещений и оборудования.

Заключение. Для оценки рисков здоровью работников предприятий животноводческого комплекса первостепенное значение имеет комплексная стратегия отбора проб с использованием дополнительных методов отбора, а также использование сочетания различных питательных сред и молекулярных методов выделения генов резистентности идентифицированных микроорганизмов. Снижение микробной обсеменённости воздуха должно обеспечиваться, соблюдением регламентированных требований к санитарно-гигиеническому содержанию животных. В комплексных планах оздоровительных мероприятий должны быть предусмотрены работы по профилактической и очаговой дезинфекции, дезинсекции и дератизации. В связи с ростом необходимости рационального использования имеющихся антимикробных препаратов с учётом спектра их активности и профиля антибиотикорезистентности основных возбудителей результаты проведённых исследований могут быть использованы при лечении воспалительных заболеваний у работников данных предприятий.

Этика. Проведённое исследование не требовало заключения этического комитета.

Ключевые слова: производственная среда животноводческих комплексов; содержание условно-патогенных сапрофитных микроорганизмов; грамположительные штаммы; гены устойчивости к антимикробным препаратам

Для цитирования: Масягутова Л.М., Гизатуллина Л.Г., Бакиров А.Б., Зайдуллин И.И. Оценка содержания грамположительных штаммов микроорганизмов, идентифицированных в производственной среде животноводческих комплексов. *Мед. труда и пром. экол.* 2025; 65(7): 468–476. <https://elibrary.ru/kezclj> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2025-65-7-468-476>

Для корреспонденции: Масягутова Ляйля Марселевна, e-mail: kdl.ufa@rambler.ru

Участие авторов:

Масягутова Л.М. — обзор публикаций по теме, анализ литературных источников, обобщение данных;

Гизатуллина Л.Г. — отбор проб для бактериологического анализа, проведение исследований, анализ результатов;

Бакиров А.Б. — обобщение данных, редактирование;

Зайдуллин И.И. — обработка материала, редактирование.

Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 17.07.2025 / Дата принятия к печати: 24.07.2025 / Дата публикации: 05.09.2025

Lyaylya M. Masyagutova^{1,2}, Lilia G. Gizatullina¹, Ahat B. Bakirov^{1,2}, Iskander I. Zaydullin¹

Assessment of the content of Gram-positive strains of microorganisms identified in the production environment of livestock complexes

¹Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, 94, Stepana Kuvykina St., Ufa, 450106;

²Bashkir State Medical University, 3, Lenina St., Ufa, 450008

Introduction. Modern livestock enterprises ensure the country's food security. The implemented automation of technological processes can reduce the impact of traditional harmful factors. In this regard, it is the biological factor that is one of the main occupational risk factors. The widespread use of antibiotics and feed additives contributes to the emergence of multidrug-resistant strains. Antibiotic-resistant bacteria (ARB) and antibiotic resistance genes (ARG) are circulating among animals and the environment and can pose a danger to people in contact with animals.

The study aims to evaluate the content and resistance to antibacterial drugs (with the identification of resistance genes) of priority gram-positive microorganisms that cause opportunistic infections in the production environment of the livestock complex.

Materials and methods. The authors analyzed the content of gram-positive strains of microorganisms detected in the production environment of livestock complexes and studied the antibiotic sensitivity of isolated strains of *Staphylococcus aureus* and *Enterococcus faecalis*. The scientists conducted the diagnosis of methicillin resistance in 89 isolates of *Staphylococcus aureus* by PCR with hybridization-fluorescence detection.

Results. The content of microorganisms in the air of the working area ranges from 112,124 to 242,700 thousand microbial bodies/m³. Gram-positive flora dominates, with representatives of the genus *Enterococcus* predominating (in 60±5.3% of samples). The total content of bacteria of the genus *Staphylococcus* is up to 20±4.6% of samples.

In the structure of microorganisms, when examining flushes from surfaces in the work area, the predominance of strains of the genus *Staphylococcus* (in 90±3.8% of samples) and the genus *Enterococcus* (in 95.0±0.5% of samples) was established, the species *Enterococcus faecalis* was isolated in 85.0±2.7% of samples.

Gram-negative flora was identified in 40±1.6% of samples (*Proteus vulgaris*, *Echerichia coli*, *Citrobacter freundii*, *Klebsiella spp.* in the amount of 10⁶ CFU/tampon). The bulk of the isolated microorganisms consisted of 2-3-component cultures (90±1.6%). The strains demonstrate resistance to: tetracyclines (100%), macrolides (88.2%), fluoroquinolones (ciprofloxacin — 35.3%, norfloxacin — 41.2%), lincosamides (clindamycin — 88.3%); aminoglycosides (amikacin — 82%, gentamicin — 58.8%, tobramycin — 88.2%), penicillins (ampicillin — 57%) and glycopeptides (vancomycin — 46.6%).

All *Staphylococcus aureus* is characterized by simultaneous resistance to several antibiotics. In the studied sample, *Staphylococcus aureus* methicillin resistance (*mecA*) DNA was identified in 38.2% of the analyzed samples.

All isolates of the *Enterococcus faecalis* species demonstrate 100% resistance to imipenem and erythromycin, and sensitivity to ampicillin in 90.1% of cases. Up to 90% of the strains are resistant to gentamicin, levofloxacin and ceftriaxone. Half (50.0±5.50%) of *Enterococcus faecalis* isolates have multiple drug resistance (to three or more classes of antibacterial drugs).

Limitations. The limitation of this study is the simultaneous sampling in winter, before cleaning and disinfection of premises and equipment.

Conclusion. To assess the health risks of employees of livestock enterprises, a comprehensive sampling strategy using additional sampling methods, as well as the use of a combination of various nutrient media and molecular methods for isolating resistance genes of identified microorganisms, is of paramount importance. Reduction of microbial contamination of the air should be ensured by compliance with the regulated requirements for the sanitary and hygienic maintenance of animals. Comprehensive health improvement plans should include preventive and focal disinfection, disinfection and deratization. Due to the growing need for the rational use of available antimicrobial drugs, taking into account the spectrum of their activity and the profile of antibiotic resistance of the main pathogens, the results of the research can be used in the treatment of inflammatory diseases in employees of these enterprises.

Ethics. The conducted research did not require the conclusion of the Ethics Committee.

Keywords: production environment of livestock complexes; content of conditionally pathogenic saprophytic microorganisms; gram-positive strains; antimicrobial resistance genes

For citation: Masyagutova L.M., Gizatullina L.G., Bakirov A.B., Zaidullin I.I. Assessment of the content of gram-positive strains of microorganisms identified in the production environment of livestock complexes. *Med. truda and prom. ekol.* 2025; 65(7): 468–476. <https://elibrary.ru/kezclj> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2025-65-7-468-476> (in Russian)

For correspondence: Layla M. Masyagutova, e-mail: kdl.ufa@rambler.ru

Contributions:

Masyagutova L.M. — review of publications on the topic, analysis of literary sources, generalization of data;

Gizatullina L.G. — sampling for bacteriological analysis, conducting research, analyzing the results;

Bakirov A.B. — data synthesis, editing;

Zaidullin I.I. — material processing, editing.

All co-authors — responsibility for approving the final version of the article and ensuring the integrity of all parts of the article.

Funding. The study had no funding.

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

Received: 17.07.2025 / Accepted: 24.07.2025 / Published: 05.09.2025

Введение. Современные животноводческие предприятия занимают значимую и весомую долю агропромышленного комплекса России, в полной мере обеспечивая продовольственную безопасность страны и обеспечивая занятость значительной части трудоспособного населения.

Внедрение в технологический процесс по уходу за животными автоматизации и иных промышленных методов, не могут полностью исключить участия работника, хотя и способны снизить воздействие традиционных (таких как тяжесть труда) вредных факторов производства. В связи с этим, именно биологический фактор является одним из

основных факторов профессионального риска для работников, занятых уходом за животными.

Широкое использование в современном животноводческом производстве различных кормовых добавок, витаминов, особенно антибиотиков для лечения животных, а также широкий арсенал компенсаторно-адаптационных механизмов у возбудителей оппортунистических инфекций, способствует формированию штаммов микроорганизмов с множественной лекарственной устойчивостью. Антибиотики и гены устойчивости к антибиотикам (ARG) могут вызывать множество проблем, связанных со здоровьем населения, и вызывают обеспокоенность во всём мире [1–3].

Междисциплинарный подход «Единое здоровье» признает, что здоровье людей, животных и окружающей среды взаимосвязано. Его конечная цель — способствовать оптимальному здоровью всех людей путём изучения этих взаимосвязей. Устойчивость к антибиотикам (AR) — это проблема общественного здравоохранения, которая в основном рассматривалась в контексте здоровья людей и клинических условий. Однако становится все более очевидным, что устойчивые к антибиотикам бактерии (ARB) и гены устойчивости к антибиотикам (ARG), которые обеспечивают устойчивость, передаются и циркулируют среди людей, животных и в окружающей среде [4, 5].

Появление ассоциированного с домашним скотом (LA)-устойчивого к метициллину золотистого стафилококка (MRSA) у животных стало серьёзной зоонозной проблемой. Метициллинрезистентный золотистый стафилококк может передаваться от животных животным, от животных человеку (зооноз) и от человека человеку. Этой передаче способствуют несколько факторов риска, связанных с использованием антибиотиков и биодобавок, размер и тип стада, а также система вентиляции. Это вызывает серьёзную озабоченность, поскольку люди, находящиеся в непосредственном контакте с животными, очень предрасположены к заражению LA-MRSA. Меры по борьбе с распространением LA-MRSA включают периодическое проведение скрининговых тестов LA-MRSA на животных и отказ от применения определённых антибиотиков [6–8].

Для оценки воздействия условно-патогенных сапрофитных микроорганизмов в рабочей среде используются различные методы пассивного и активного отбора проб и анализа для обеспечения более точной и реалистичной характеристики риска [9, 10].

Актуальность проводимого исследования заключается в изучении распространения антимикробной резистентности в рамках реализации Распоряжения Правительства Российской Федерации от 16 августа 2024 г. № 2214-р «О плане мероприятий на 2025–2030 гг. по реализации Стратегии предупреждения распространения антимикробной резистентности в РФ на период до 2030 г.» (раздел II, пп. 5, 6, 7, 10).

Цель исследования — оценить содержание и устойчивость к антибактериальным препаратам (с выявлением генов резистентности) приоритетных грамположительных микроорганизмов-возбудителей оппортунистических инфекций в производственной среде животноводческого комплекса.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись микробиологический фон воздушной среды, смывы с поверхностей помещений двух животноводческих комплексов, идентичных по технологическому процессу и выпускаемой продукции.

В целях оценки значимости пылевых частиц в формировании дополнительных резервуаров мультирезистентных клонов произведён отбор проб воздуха на животноводческих предприятиях с одновременным использованием методов аспирации и седиментации.

Отбор проб воздуха (50 образцов) произведён в различных производственных помещениях, отличающихся как по плотности содержания животных, так и по их различному половозрастному составу, рациону кормления и назначения. Отбор проб производился при различных операциях, характеризующих основные виды технологического процесса (кормление животных, уборка помещений, загрузка комбикормов и др.). Оценка допустимой микробной загрязнённости проведена в соответствии с Ветеринарно-санитарными правилами для предприятий (комплексов) по производству молока на промышленной основе¹.

Отбор смывов с объектов внешней среды (150 проб) произведён с 10–20 различных участков поверхностей животноводческого помещения (полов, проходов, стен, перегородок, столбов, кормушек, поилок и т. д.).

Все этапы по отбору проб, их транспортировке, хранению, а также использование методик по выделению, культивированию, идентификации, определению резистентности и выделению генов проведено в соответствии с действующими нормативными документами. Использованы рекомендованные в качестве оптимальных питательные среды: 5%-й кровяной агар, желточно-солевой агар (ЖСА) и Baird Parker Agar, агар Сабуро в модификациях, агар Эндо, питательная среда для выделения энтерококков сухая (энтерококкагар) и эскулин-азидный агар, хромогенная универсальная среда и хромогенная среда для дрожжевых грибов рода *Candida* и плесневых грибов. Время доставки смывов в лабораторию не превышало 6 часов с момента взятия.

В качестве контроля проанализированы пробы образцов воздуха, смывы с поверхностей в административном корпусе и в столовой.

Этап изучения антибиотикочувствительности включал использование фенотипического метода для выделенных грамположительных штаммов микроорганизмов вида *Staphylococcus aureus* и *Enterococcus faecalis*. Для диагностики резистентности к метициллину применили ДНК метод полимеразной цепной реакции (ПЦР) с гибридизационно-флуоресцентной детекцией.

Проанализировано 89 выделенных изолятов грамположительной флоры рода *Staphylococcus*. Все стадии подготовки проб и постановки ПЦР проведены в соответствии с рекомендациями фирм-производителей использованных реагентов.

Результаты. Технологический процесс на предприятиях максимально автоматизирован и включает в себя взаимосвязанные этапы: воспроизводство стада; выращивание ремонтного молодняка; подсосное выращивание, заключительный откорм. Молочное производство включает дополнительные операции — процесс доения и первичной подготовки молока для транспортировки.

Используется комплексная система содержания животных, сочетающая комбинацию содержания в стойлах

¹ Ветеринарно-санитарные правила для предприятий (комплексов) по производству молока на промышленной основе (утв. Главным управлением ветеринарии Министерства сельского хозяйства СССР и заместителем Главного государственного санитарного врача СССР 27 декабря 1978 г.) (с изменениями и дополнениями). <https://base.garant.ru/70501116/>

и ежедневного выгула животных на площадках для выпаса. Раздача кормов автоматизирована и проводится при помощи мобильных кормораздатчиков-смесителей. Вода для поения подаётся в групповые регулируемые проточные поилки. Для кормления животных широко используется утрамбованный сенаж, который сохраняет высокие питательные свойства в течение всего года. При повышении температуры воздуха выше плюс 30 градусов, проводят обливание животных водой из поливальной машины. Уборка навоза также автоматизирована и осуществляется при помощи бульдозеров и последующего смыва водой.

Особое внимание на предприятиях уделяется поддержанию комфортного микроклимата в помещениях для содержания животных, в соответствии с функциональным назначением. Используются современные энергосберегающие системы отопления и устройства приточно-вытяжной вентиляции.

Специалисты предприятий активно сотрудничают с учёными ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», внедряя инновационные разработки для повышения продуктивности скота.

Проведённые исследования свидетельствуют, что общее содержание микроорганизмов в воздухе рабочей зоны изученных предприятий составляет от 112 124 микробных тел/м³ до 242 700 микробных тел/м³, при этом, средний показатель составляет 174 538 микробных тел/м³ (табл. 1).

Максимальные количественные уровни обсеменённости были в помещениях коровника (дойные) — 242 700 микробных тел/м³ и в помещении содержания телок — 229 300 микробных тел/м³. Минимальное содержание микроорганизмов в воздухе зарегистрировано в помещениях содержания молодняка — от 112 124 до 125 100 микробных тел/м³ и в помещении отстойника для беспривязного содержания коров — от 128 327 до

158 600 микробных тел/м³. В помещениях всех животноводческих объектов норма допустимой микробной загрязнённости оказалась превышена в более чем 2 раза.

Исследование фактического загрязнения воздуха помещений животноводческих комплексов условно-патогенными микроорганизмами, как биологического фактора производственной среды выявило, что в 100% проб воздушной среды помещений животноводческих комплексов обнаруживались микроорганизмы III–IV группы патогенности в виде монокультур и в виде ассоциаций.

Проведённая идентификация микроорганизмов, выделенных из проб воздуха различных производственных помещений, свидетельствует об идентичности микробиоценоза, однако соотношение различных видов оппортунистической микрофлоры при этом значительно варьирует.

В составе микрофлоры воздушной среды изученного предприятия доминирует грамположительная флора, с преобладанием представителей рода *Enterococcus* (в 60±5,3% проб). Среди представителей рода, наиболее часто идентифицированы *Enterococcus faecalis* (в 15±1,9% проб воздуха помещений содержания телок и дорашивания и до 40±3,5% проб воздуха помещений содержания телок случного возраста).

Идентификация суммарного содержания бактерий рода *Staphylococcus* в воздушной среде изученных помещений составляет до 20±4,6% проб.

Среди представителей данного рода преобладали стафилококки вида *Staphylococcus aureus* в 20% проб; *Staphylococcus epidermidis* в 3,2%; *Staphylococcus saprophyticus* в 1,4% проб. Прочие грамположительные бактерии в воздухе рабочей зоны встречались реже и составили менее 1%.

Установлена высокая контаминация и широкий спектр других видов микроорганизмов в воздухе животноводческих комплексов (табл. 2).

Таблица 1 / Table 1

Микробная обсеменённость воздуха в различных помещениях животноводческих комплексов
Microbial contamination of air in various rooms of livestock complexes

№ п/п	Вид объекта (помещения) / Type of object (premises)	Уровень микробной обсеменённости, тыс. микробных тел/м ³ / Level of microbial contamination, thousand microbial bodies/m ³		
		Допустимая микробная загрязнённость помещений для КРС* / Permissible microbial contamination of premises for cattle	Животноводческий комплекс 1 / Livestock complex 1	Животноводческий комплекс 2 / Livestock complex 2
1	Цех откорма / Fattening shop	Не более 70 тыс. микробных тел/м ³	161 147 выше в 2,3 раза	157 200 выше в 2,5 раза
2	Телятник / Calf house	Не более 50 тыс. микробных тел/м ³	195 159 выше в 3,9 раза	171 754 выше в 3,4 раза
3	Цех содержания молодняка / Young animals maintenance workshop	Не более 70 тыс. микробных тел/м ³	125 100 выше в 1,8 раза	112 124 выше в 1,6 раза
4	Цех содержания телок 1 / Heifer maintenance workshop 1	Не более 70 тыс. микробных тел/м ³	229 300 выше в 3,3 раза	193 526 в 2,8 раза
5	Цех содержания телок 2 / Heifer maintenance workshop 2	Не более 70 тыс. микробных тел/м ³	183 500 выше в 2,6 раза	164 358 выше в 2,4 раза
6	Помещение коровника / Cowshed	Не более 70 тыс. микробных тел/м ³	242 700 выше в 2,5 раза	218 745 выше в 3,1 раза
7	Отстойник / Sedimentation tank	Не более 70 тыс. микробных тел/м ³	158 600 выше в 2,3 раза	128 327 выше в 1,9 раза

Примечание: *КРС — крупный рогатый скот.

Таблица 2 / Table 2

Качественные показатели микрофлоры воздушной среды помещений животноводческого комплекса
Qualitative indicators of the microflora of the air environment of the premises of a livestock complex

Культуры (n=100)	Цех откорма / Fattening shop		Телятник / Calf house		Цех содержания мо- лодняка / Young animals maintenance		Цех содержа- ния телок 1 / Heifer maintenance workshop 1		Цех содержа- ния телок 2 / Heifer maintenance workshop 2		Коровник / Cowshed		Отстойник / Sedimentation tank	
	Абс. / total	%	Абс. / total	%	Абс. / total	%	Абс. / total	%	Абс. / total	%	Абс. / total	%	Абс. / total	%
Монокультуры / Monocultures	58		60		62		59		64		84		82	
<i>Enterococcus faecalis</i>	16	27,6	10	16,7	2,5	40,3	10	16,9	28	43,7	22	26,2	31	37,8
<i>Staphylococcus aureus</i>	2	3,5	1	1,7	0	0	2	3,4	0	0	5	5,7	5	6,1
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	13	22,4	10	16,7	10	16,1	9	15,3	7	10,9	8	9,6	12	14,6
<i>Proteus vulgaris</i>	5	8,6	3	5,0	3	4,8	5	8,5	1	1,6	6	7,2	4	4,9
<i>Echerichia coli</i>	3	5,2	3	5,0	3	4,8	2	3,4	1	1,6	5	5,7	2	2,5
<i>Citrobacter freundii</i>	1	1,7	2	3,2	3	4,8	3	5,1	2	3,1	4	4,9	2	2,5
<i>Klebsiella spp</i>	1	1,7	1	1,7	2	3,3	1	1,1	1	1,6	3	3,7	2	2,5
<i>Aspergillus spp</i>	14	24,1	20	33,3	14	22,6	21	35,5	18	28,1	24	28,6	17	20,6
<i>Candida spp</i>	3	5,2	10	16,7	2	3,3	6	10,2	6	9,4	7	8,4	7	8,5
Ассоциации / Associations	42		40		38		41		36		16		18	
<i>Enterococcus faecalis, E.coli</i>	12	28,6	9	22,5	8	21,1	11	26,8	11	30,5	3	18,7	5	27,8
<i>Aspergillus spp, Candida spp</i>	19	45,2	21	52,5	16	42,1	12	29,3	10	27,8	7	43,7	8	44,5
<i>St. aureus, Candida spp</i>	3	7,2	4	10,0	2	5,3	5	12,2	5	13,9	1	6,3	2	11,1
<i>Proteus vulgaris, Echerichia coli</i>	4	9,5	3	7,5	7	1,8	7	17,1	6	16,7	2	12,5	1	5,5
<i>Proteus vulgaris, Citrobacter freundii</i>	4	9,5	3	7,5	5	13,2	6	14,6	4	11,1	3	18,8	2	11,1

Примечание: * абс. – уровень микробной обсеменённости, тыс. микробных тел/м³.
Notes: level of microbial contamination, thousand mi-crobal bodies/m³.

В воздухе помещений административного корпуса и столовой для работников общая бактериальная обсеменённость составляет 1500 микробных тел/м³, что свидетельствует о низкой контаминации микроорганизмами. В качестве основных представителей грамположительной флоры воздушной среды указанных помещений идентифицированы *Staphylococcus epidermidis* (66,0±3,4%) и *Enterococcus faecalis* (20,0±5,5%), прочие виды стафилококков встречались эпизодически. Патогенный *Staphylococcus aureus* не обнаружен.

При микробиологическом исследовании смывов, взятых с поверхностей в рабочей зоне животноводческих комплексов, идентифицировано большое разнообразие микроорганизмов. В структуре основных представителей всех выделенных микробов установлено преобладание грамположительной флоры родов *Staphylococcus* (в 90±3,8% проб) и *Enterococcus* (в 95,0±0,5% проб), причём вид *Enterococcus faecalis* выделялся в 85,0±2,7%. *Staphylococcus aureus* идентифицирован в 6% проб смывов, взятых из помещения откорма и помещения содержания коров (рис. 1).

Грамотрицательная флора идентифицирована в 40±1,6% проб, с преобладанием штаммов семейства энтеробактерий *Proteus vulgaris*, *Echerichia coli*, *Citrobacter Freundii*, *Klebsiella spp.* в количестве 10⁶ КОЕ/тампон, преимущественно в пробах, отобранных с ручек дверей, столов и стен. Дрожжеподобные грибы и плесневые грибы обнаружены не были. Основную массу выделенных микроорганизмов составили 2–3-компонентные культуры (90±1,6%).

В контрольной группе образцов (проб) смывов, взятых с предметов мебели, ручек дверей, подоконников и стен административного корпуса и столовой на исследование фактического содержания условно-патогенных микроорганизмов свидетельствует, что грамположительная флора рода *Staphylococcus* идентифицирована в 100% проб, в количествах от единичных колоний на предметах мебели до 10⁹ КОЕ/тампон на дверных ручках; микроорганизмы рода *Enterococcus* выделены в 70,0±5,0% проб, основную массу которых составили бактерии вида *Enterococcus faecalis* в количестве от 10⁴ на предметах мебели до 10⁶ на ручках дверей и подоконниках.

Идентифицированные штаммы демонстрируют резистентность к большинству изученных нами групп химиотерапевтических препаратов: тетрациклам (тетрацилин — 100% резистентность), макролидам (эритромицин — 88,2% устойчивых), фторхинолонам (ципрофлоксацин — 35,3%, норфлоксацин — 41,2%), линкозамидам (клиндамицин — 88,3%); аминогликозидам (амикацин — 82%, гентамицин — 58,8%, тобрамицин — 88,2%), пеницилинам (ампициллин — 57%) и гликопептидам (ванкомицин — 46,6%) (рис. 2).

Большинство выделенных стафилококков демонстрировали метициллинрезистентность и множественную устойчивость ко многим группам антибактериальных препаратов. Для всех выделенных культур *Staphylococcus aureus* характерна одновременная резистентность к нескольким антибиотикам. Наибольшее число штаммов устойчивы к тетрациклину (100%), наименьшее — к ванкомицину (16,6%). Полученные результаты являются показателями повышенной резистентности стафилококков данного вида.

В результате исследований методом ПЦР установлено, что в изученной выборке идентифицирована ДНК метициллинрезистентности (*mecA*) *Staphylococcus aureus* в 38,2% проанализированных проб. Идентификация высокого содержания метициллин-резистентных стафилококков имеет неблагоприятное прогностическое значение, поскольку возможен горизонтальный перенос резистентной ДНК.

Изучение антибиотикорезистентности изолятов *Enterococcus faecalis*, выделенных из различных проб, взятых в помещениях животноводческих комплексов свидетельствует о 100% устойчивости к имипенему и эритромицину, чувствительности к ампициллину в 90,1% случаев. До 90% штаммов проявили устойчивость к гентамицину, левофлоксацину и цефтриаксону (рис. 3).

Половина (50,0±5,50%) изолятов *Enterococcus faecalis* обладают множественной лекарственной резистентностью (устойчивы к трём и более классам антибактериальных препаратов).

Обсуждение. Используемые в современных животноводческих комплексах технологии не обеспечивают безопасных условий труда в отношении загрязнения воздуха рабочей зоны условно-патогенными микроорганизмами.

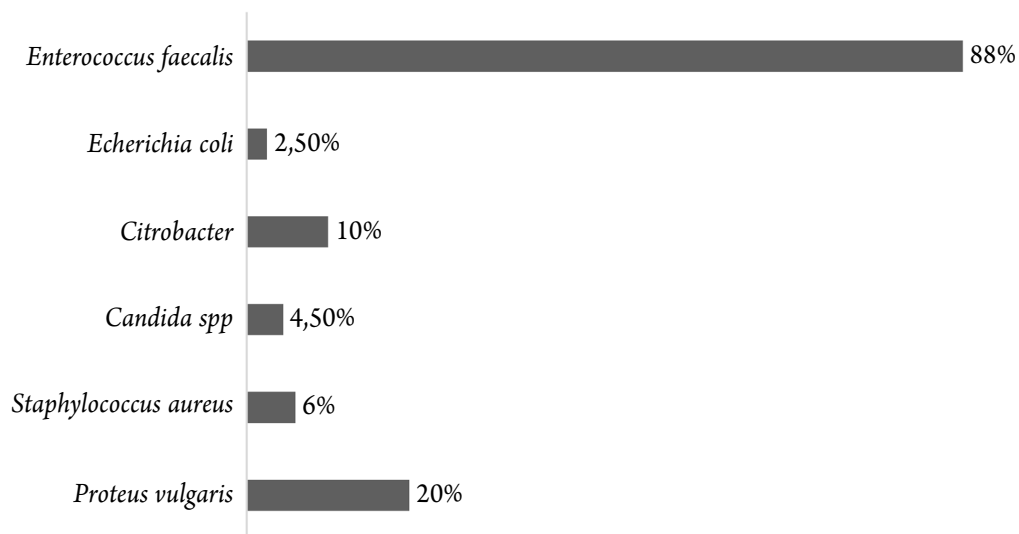


Рис. 1. Структура микрофлоры, выделенной из смывов в помещениях животноводческих комплексов

Fig. 1. Structure of microflora isolated from swabs in livestock complexes

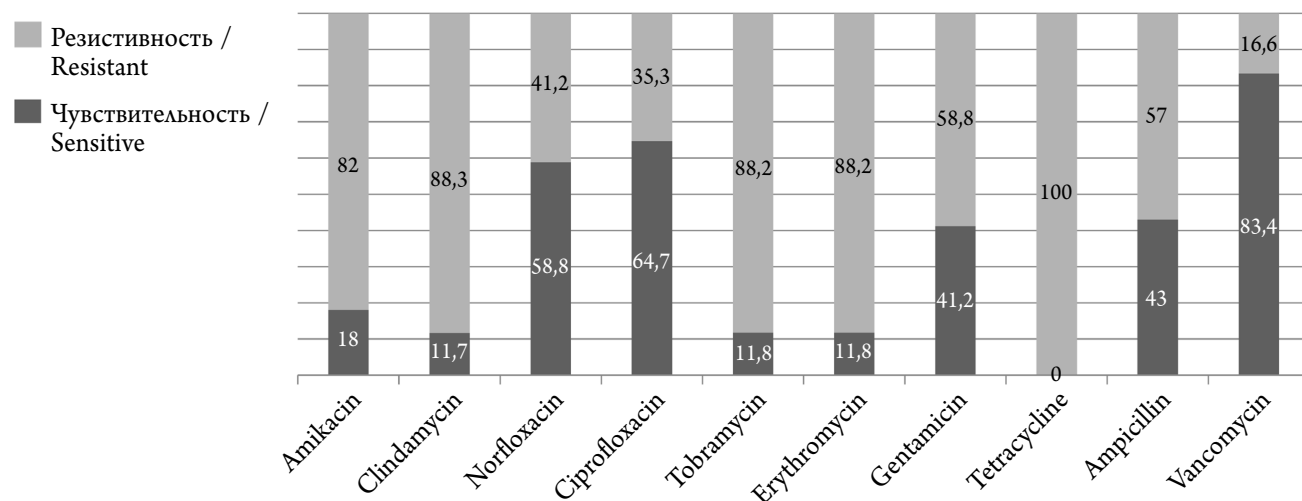


Рис. 2. Резистентность к антибиотикам изолятов *S. Aureus*, выделенных из проб производственной среды животноводческих комплексов

Fig. 2. Antibiotic resistance of *S. Aureus* isolates obtained from samples in livestock farms

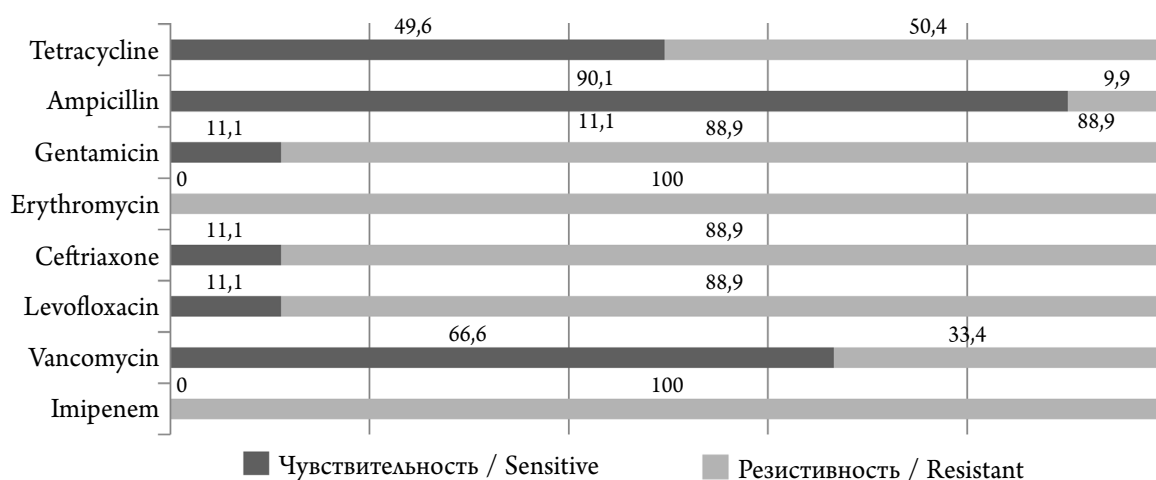


Рис. 3. Резистентность к антибиотикам изолятов *Enterococcus faecalis*, выделенных из проб производственной среды животноводческих комплексов

Fig. 3. Antibiotic resistance of *Enterococcus faecalis* isolates obtained from samples in livestock farms

Данный факт подтверждается имеющимися данными лабораторных методов исследований воздуха и смывов с объектов рабочей среды и более ранними исследованиями [11, 12].

Применение нескольких условий культивирования (сочетание различных питательных сред и температур инкубации), используемое параллельно с более точными молекулярными методами, позволили получить дополнительную информацию о разнообразии микроорганизмов.

Установлена высокая частота контаминации воздушной среды помещений животноводческих комплексов и широкий спектр микроорганизмов, представленный условно-патогенной флорой, как в виде монокультур, так и в виде ассоциаций. Высока вероятность трансформации условно-патогенной микробиоты человека в патогенную, с последующим развитием бактериальной патологии. Наиболее типичным представителем условно-патогенных микроорганизмов являются представители рода *Staphylococcus*, которые зачастую способны формировать штаммы с высокой устойчивостью к β -лактамам антибиотикам. В механизме развития данного феномена особая роль принадлежит продукции микроорганизмами

пенициллинсвязывающего белка (ПСБ) *rwp2A*, синтез которого в свою очередь обусловлен приобретением стафилококками хромосомного гена *tesA*. Указанный механизм устойчивости характерен для *Staphylococcus aureus* *meticillinresistans* *Staphylococcus aureus* (MRSA). Изоляты *Staphylococcus aureus*, с содержанием гена *tesA*, демонстрируют устойчивость ко всем β -лактамным антибиотикам (БЛА), обладающими сходными механизмами противомикробного действия — пенициллинам, цефалоспорином, монобактамам, карбапенемам [13, 14].

Зачастую, среди метициллинрезистентных стафилококков выявляется и ассоциированная резистентность к другим антибиотикам — аминогликозидам, макролидам, хинолонам, тетрациклинам. Установлено, что половина (50%) выделенных изолятов золотистого стафилококка демонстрируют резистентность к препарату цефокситину, что является свидетельством наличия приобретённого механизма устойчивости MRSA, а следовательно, и тотальной устойчивости ко всем β -лактамным антибиотикам.

Рост относительной численности патогенных и условно-патогенных микроорганизмов в микробиоценозе животноводческих объектов представляет существенную

биоэкологическую проблему. Данный дисбиотический сдвиг детерминирует развитие негативных последствий, включая: повышение эпизоотической нагрузки, снижение продуктивных показателей сельскохозяйственных животных, деградацию качества животноводческой продукции. Кроме того, наблюдается селекция антибиотикорезистентных штаммов микроорганизмов, что приводит к снижению эффективности стандартных схем терапии [15–17]. Персистенция патогенных и условно-патогенных микроорганизмов в системе «организм животного — производственная среда» животноводческих комплексов индуцирует селекционное давление, что неизбежно приводит к формированию антимикробной резистентности посредством горизонтального переноса генов и хромосомных мутаций у циркулирующих штаммов [18–20].

Заключение. Для оценки рисков здоровью работников предприятий животноводческого комплекса первостепен-

ное значение имеет комплексная стратегия отбора проб с использованием дополнительных методов отбора, а также использование сочетания различных питательных сред и молекулярных методов выделения генов резистентности идентифицированных микроорганизмов.

Снижение микробной обсеменённости воздуха должно обеспечиваться соблюдением регламентированных требований к санитарно-гигиеническому содержанию животных. В комплексных планах оздоровительных мероприятий должны быть предусмотрены работы по профилактической и очаговой дезинфекции, дезинсекции и дератизации.

В связи с ростом необходимости рационального использования имеющихся антимикробных препаратов с учётом спектра их активности и профиля антибиотикорезистентности основных возбудителей результаты проведённых исследований могут быть использованы при лечении воспалительных заболеваний у работников данных предприятий.

Список литературы (пп. 1–4, 6–9, 13, 15–17 см. References)

5. Карамова Л.М., Гизатуллина Л.Г., Власова Н.В., Масыгутова Л.М., Башарова Г.Р. Особенности микрофлоры верхних дыхательных путей у работников стоматологического профиля. *Медицина труда и экология человека*. 2023; 2(34): 57–71. <https://doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10204>
10. Прокопенко Л.В., Лагутина А.В. Оценка биологического фактора на рабочих местах: вопросы и предложения. *Медицина труда и промышленная экология*. 2018; 12: 29–34. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-12-29-34>
11. Масыгутова Л.М., Бакиров А.Б. Совершенствование системы гигиенического мониторинга в условиях обсеменённости воздуха рабочей зоны условно-патогенными микроорганизмами. *Медицина труда и промышленная экология*. 2018; 3: 30–34. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-3-30-34>
12. Дмитренко О.А., Чаплин А.В., Тихомиров Т.А., Балбуцкая А.А., Пхакадзе Т.Я., Альховский С.В. Структурные особенности генома метициллин-резистентного *Staphylococcus aureus* (MRSA), устойчивого к цефтаролину представителя эпидемического клона ST239, выделенного в России. *Молекулярная генетика, микробиология и вирусология*. 2020; 38(4): 170–179. <https://doi.org/10.17116/molgen202038041170> <https://elibrary.ru/ntftqd>
14. Ларцева Л.В., Обухова О.В., Бармин А.Н. Экологическая и биологическая опасность резистентности условно-патогенной микрофлоры к антибиотикам (обзор). *Российский журнал прикладной экологии*. 2015; 4(4): 47–52. <https://elibrary.ru/wbaosj>
18. Королик В.В., Шеина Н.И., Мясина Л.И., Сазонова Л.П., Другова Е.Д. Первичная санитарно-гигиеническая оценка микроорганизмов, применяемых в биотехнологиях. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(2): 135–140. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-2-135-140> <https://elibrary.ru/kzxhja>
19. Косилова И.С., Домотенко Л.В., Полосенко О.В., Трухина Г.М. Подходы к определению чувствительности кампилобактерий к антимикробным препаратам для мониторинга распространения антибиотикоустойчивых штаммов. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(7): 706–712. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-7-706-712> <https://elibrary.ru/mervqc>

References

1. Olaru I.D., Walther B., Schaumburg F. Zoonotic sources and the spread of antimicrobial resistance from the perspective of low and middle-income countries. *Infect. Dis. Poverty*. 2023; 12(1): 59. <https://doi.org/10.1186/s40249-023-01113-z>
2. Khairullah A.R., Kurniawan S.C., Effendi M.H., Sudjarwo S.A., Ramandinianto S.C., Widodo A., Riwu K.H.P., Silaen O.S.M., Rehman S. A review of new emerging livestock-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* from pig farms. *Vet World*. 2023; 16(1): 46–58. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2023.46-58>
3. Katala B.Z., Misinzio G., Mshana S.E. et al. Genetic diversity and risk factors for the transmission of antimicrobial resistance across human, animals and environmental compartments in East Africa: a review *Antimicrob. Resist. Infect. Control*. 2020; 9(1): 127. <https://doi.org/10.1186/s13756-020-00786-7>
4. Qian J., Wu Zh., Zhu Y., Liu C. One Health: a holistic approach for food safety in livestock. *Sci. in One Health*. 2023; 1: 100015. <https://doi.org/10.1016/j.soh.2023.100015>
5. Karamova L.M., Gizatullina L.G., Vlasova N.V., Masyagutova L.M., Basharova G.R. The microflora characteristics of the upper respiratory tract in dental workers. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*. 2023; 34(2): 57–71. <https://doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10204> (in Russian).
6. Back S.H., Eom H.S., Lee H.H., Lee G.Y., Park K.T., Yang S.J. Livestock-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in Korea: antimicrobial resistance and molecular characteristics of LA-MRSA strains isolated from pigs, pig farmers, and farm environment. *J. Vet. Sci*. 2020; 21(1): e2. <https://doi.org/10.4142/jvs.2020.21.e2>
7. Goerge T., Lorenz M.B., van Alen S., Hübner N.O., Becker K., Köck R. MRSA colonization and infection among persons with occupational livestock exposure in Europe: Prevalence, preventive options and evidence. *Vet. Microbiol*. 2017; 200: 6–12. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2015.10.027>
8. Rastmanesh A., Boruah, J.S., Lee M.-S., Park S. On-Site Bioaerosol Sampling and Airborne Microorganism Detection Technologies. *Biosensors (Basel)*. 2024; 14(3): 122. <https://doi.org/10.3390/bios14030122>
9. Ferguson R.M.W., Garcia-Alcega S., Coulon F., Dumbrell A.J., Whitby C., Colbeck I. Bioaerosol biomonitoring: Sampling optimization for molecular microbial ecology. *Mol. Ecol. Resour*. 2019; 19(3): 672–690. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.13002>
10. Prokopenko L.V., Lagutina A.V. Evaluating biologic factor at workplaces: questions and suggestions. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2018; 12: 29–34. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-12-29-34> (in Russian).
11. Masyagutova L.M., Bakirov A.B. Improvement of hygienic monitoring system in workplace contaminated with

- opportunistic pathogenic bacteria. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2018; 3: 30–34. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-3-30-34> (in Russian).
12. Dmitrenko O.A., Chaplin A.V., Tihomirov T.A., Balbuckaja A.A., Phakadze T.Ja., Al'hovskij S.V. Structural features of the genome of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA), a ceftaroline-resistant representative of ST239 epidemic clone isolated in Russia. *Molekuljarnaja genetika, mikrobiologija i virusologija*. 2020; 38(4): 170–179. <https://doi.org/10.17116/molgen202038041170> <https://elibrary.ru/ntftqd> (in Russian).
 13. Vasconcelos P.C., Leite E.L., Saraiva M.M.S., Ferrari R.G., Cibulski S.P., Silva N.M.V., Freitas Neto O.C., Givisiez P.E.N., Vieira R.F.C., Oliveira C.J.B. Genomic Analysis of a Community-Acquired Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* Sequence Type 1 Associated with Caprine Mastitis. *Pathogens*. 2023; 13(1): 23. <https://doi.org/10.3390/pathogens13010023>
 14. Larceva L.V., Obuhova O.V., Barmin A.N. Ecological and biological risk of opportunistic pathogenic microflora resistance to antibiotics (an overview). *Rossiiskij zhurnal prikladnoj ekologii*. 2015; 4(4): 47–52. <https://elibrary.ru/wbaosj> (in Russian).
 15. Minutillo R., Pirard B., Fatihi A., Cavaiuolo M., Lefebvre D., Gérard A., Taminiau B., Nia Y., Hennekinne J.A., Daube G., Clinquart A. The Enterotoxin Gene Profiles and Enterotoxin Production of *Staphylococcus aureus* Strains Isolated from Artisanal Cheeses in Belgium. *Foods*. 2023; 12(21): 4019. <https://doi.org/10.3390/foods12214019>
 16. Kim D.H., Chung Y.S., Park Y.K., Yang S.-J., Lim S.K., Park H.Y., Park K.T. Antimicrobial resistance and virulence profiles of *Enterococcus* spp. isolated from horses in Korea. *Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis.* 2016; 48: 6–13. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2016.07.001>
 17. von Wintersdorff C.J.H., Penders J., van Niekerk J.M., Mills N.D., Majumder S., van Alphen L.B., Savelkoul P.H.M., Wolfs P.F.G. Dissemination of antimicrobial resistance in microbial ecosystems through horizontal gene transfer. *Frontiers in Microbiology*. 2016; 7: 173. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00173>
 18. Korolik V.V., Sheina N.I., Mjalina L.I., Sazonova L.P., Drugova E.D. Primary sanitary and hygienic assessment of microorganisms used in biotechnology. *Gigiena i sanitarija*. 2023; 102(2): 135–140. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-2-135-140> <https://elibrary.ru/kzxhja> (in Russian).
 19. Kosilova I.S., Domotenko L.V., Polosenko O.V., Truhina G.M. Approaches to the antimicrobial susceptibility testing of *Campylobacter* to monitor the spread of antibiotic-resistant strains. *Gigiena i sanitarija*. 2023; 102(7): 706–712. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-7-706-712> <https://elibrary.ru/mervqc> (in Russian).

Сведения об авторах:

- Масягутова Ляйля Марселевна** — заведующий отделом — главный научный сотрудник отдела медицины труда ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», д-р мед. наук.
E-mail: kdl.ufa@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0195-8862>
- Гизатуллина Лилия Галиевна** — биолог иммуно-бактериологической лаборатории клиники ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека».
E-mail: instityt.Ufa@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7900-233X>
- Бакиров Ахат Бариевич** — советник директора ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», д-р мед. наук, профессор.
<https://orcid.org/0000-0003-3510-2595>
- Зайдуллин Искандер Ильдарович** — научный сотрудник отдела медицины труда, врач стоматолог отделения платных медицинских осмотров ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», канд. мед. наук.
E-mail: iskanderdent@yahoo.com
<https://orcid.org/0000-0002-6031-5683>

About the authors:

- Lyaylya M. Masyagutova** — Head of Department — Chief Researcher of the Occupational Medicine Department (Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology), Dr. of Sci. (Med.).
E-mail: kdl.ufa@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0195-8862>
- Lilia G. Gizatullina** — Biologist of the Immuno-Bacteriological Laboratory of the Clinic (Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology).
E-mail: instityt.Ufa@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7900-233X>
- Ahat B. Bakirov** — Advisor to the Director (Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology), Dr. of Sci. (Med.), Professor.
<https://orcid.org/0000-0003-3510-2595>
- Iskander I. Zaydullin** — Researcher, Department of Occupational Medicine, Dentist of the Department of Paid Medical Examinations (Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology), Cand. of Sci. (Med.).
E-mail: iskanderdent@yahoo.com
<https://orcid.org/0000-0002-6031-5683>