

Медико-биологические проблемы жизнедеятельности

Научно-практический рецензируемый журнал

№ 3(39)

2026 г.

Учредитель

Государственное учреждение
«Республиканский научно-
практический центр
радиационной медицины
и экологии человека»

Журнал включен в

Перечень научных изданий
Республики Беларусь
для опубликования
диссертационных исследований
по медицинской
и биологической
отраслям науки
(31.12.2009, протокол 25/1)

Журнал зарегистрирован

Министерством информации
Республики Беларусь,
Свид. № 762 от 6.11.2009

Подписано в печать 22.09.26
Формат 60×90/8. Бумага мелованная.
Гарнитура «Times New Roman».
Печать цифровая. Тираж 100 экз.
Усл. печ. л. 14,5. Уч.-изд. л. 9,65.
Зак. 332.

Издатель ГУ «Республиканский
научно-практический центр
радиационной медицины
и экологии человека»
Свидетельство N 1/410 от 14.08.2014

Отпечатано в
КУП «Редакция газеты
«Гомельская праўда»
г. Гомель, ул. Полесская, 17а

ISSN 2074-2088

Главный редактор, председатель редакционной коллегии

А.В. Рожко (д.м.н., профессор)

Редакционная коллегия

В.С. Аверин (д.б.н., профессор), В.Н. Беляковский (д.м.н., профессор), К.Н. Буздалкин (к.т.н., доцент), А.В. Величко (к.м.н., доцент), И.В. Веялкин (к.б.н., доцент), Н.Н. Веялкина (к.б.н., отв. секретарь), Н.Г. Власова (д.б.н., профессор, научный редактор), А.В. Воропаева (к.б.н., доцент), Д.И. Гавриленко (к.м.н., доцент), А.В. Жарикова (к.м.н.), С.В. Зыблева (д.м.н., доцент, научный редактор), С.А. Игумнов (д.м.н., профессор), А.В. Коротаев (к.м.н., доцент), А.Н. Лызикив (д.м.н., профессор), А.В. Макавич (к.м.н., доцент), С.Б. Мельнов (д.б.н., профессор), В.М. Мицура (д.м.н., профессор, зам. гл. редактора), Я.Л. Навменова (к.м.н., доцент), И.В. Назаренко (к.м.н., доцент), И.А. Новикова (д.м.н., профессор), Э.Н. Платошкин (к.м.н., доцент), А.С. Подгорная (к.м.н.), Ю.И. Рожко (к.м.н., доцент), И.П. Ромашевская (к.м.н., доцент), А.П. Саливончик (к.б.н.), А.Е. Силин (к.б.н., доцент), А.Н. Стожаров (д.б.н., профессор), Р.М. Тахауов (д.м.н., профессор), Н.И. Шевченко (к.б.н., доцент), Ю.И. Ярец (д.м.н., доцент)

Редакционный совет

А.В. Аклеев (д.м.н., профессор, Челябинск), С.С. Алексанин (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), А.Ю. Бушманов (д.м.н., профессор, Москва), Ю.Л. Горбич (к.м.н., доцент, Минск), И.И. Дедов (д.м.н., академик РАН, Москва), К.В. Котенко (д.м.н., академик РАН, Москва), Н.Г. Кручинский (д.м.н., профессор, Пинск), Т.В. Мохорт (д.м.н., профессор, Минск), А.М. Пристром (д.м.н., профессор, Минск), В.Ю. Рыбников (д.м.н., д.п.н., профессор, Санкт-Петербург), А.А. Усс (д.м.н., профессор, Минск), В.А. Филонюк (д.м.н., профессор, Минск), В.Д. Шило (Минск)

Технический редактор

С.Н. Никонович

Корректор

Н.Н. Юрченко

Адрес редакции 246040 г. Гомель, ул. Ильича, д. 290,
ГУ «РНПЦ РМ и ЭЧ», редакция журнала
тел (0232) 38-95-00, факс (0232) 33-77-77
<http://www.mbp.rcrm.by> e-mail: mbp@rcrm.by

© Государственное учреждение
«Республиканский научно-практический центр
радиационной медицины и экологии человека», 2026

№ 3(39)

2026

Medical and Biological Problems of Life Activity

Scientific and Practical Journal

Founder

Republican Research Centre
for Radiation Medicine
and Human Ecology

Journal registration
by the Ministry of information
of Republic of Belarus

Certificate № 762 of 6.11.2009

© Republican Research Centre
for Radiation Medicine
and Human Ecology

ISSN 2074-2088

Обзоры и проблемные статьи

Ч.А. Гельдымамедов, А.Н. Коваль, А.В. Литвинчук, В.К. Шпудейко, К.А. Пуртова

SLC7A11/GPX4-зависимая резистентность к индукции ферроптоза в клетках острого миелоидного лейкоза: молекулярные маркёры и терапевтические перспективы

5

С.В. Зыблева, Я.Л. Навменова, А.Е. Силин, Е.С. Тихонова, О.А. Зайцева, С.Л. Зыблев, Т.Е. Гавриленко

Возрастная инволюция тимуса: механизмы ремоделирования Т-клеточного иммунитета

13

Медико-биологические проблемы

Е.Л. Артюшков, А.И. Козлова, А.Г. Скуратов, А.А. Призенцов, Н.А. Михайлова, А.А. Лызиков

Антибактериальные свойства сетчатого грыжевого протеза с полимерным покрытием в эксперименте *in vitro*

20

А.М. Шестюк, С.Н. Рябцева, И.А. Семеник

Морфологические изменения мышечно-эластического слоя лёгочной артерии при хранении в условиях умеренной гипотермии в растворе «Кустодиол»

26

Клиническая медицина

Л.А. Анисько

Изменение микробного пейзажа и антибактериальной резистентности у пациентов инфекционного стационара в период пандемии COVID-19

34

А.В. Величко, Ю.И. Ярец, З.А. Дундаров

Вторичный гиперпаратиреоз: дооперационная и интраоперационная топическая диагностика, хирургическое лечение

42

Д.И. Гавриленко, Е.В. Родина, А.В. Жарикова

Взаимосвязь расстройств взаимодействия «кишечник — мозг» и заболеваний печени

51

Reviews and problem articles

C.A. Geldimammedov, A.N. Koval, A.V. Litvinchuk, V.K. Shpudeiko, K.A. Purtova

SLC7A11/GPX4-dependent resistance to ferroptosis induction in acute myeloid leukemia cells: molecular markers and therapeutic prospects

S.V. Zybleva, Y.L. Navmenova, A.E. Silin, E.S. Tikhonova, O.A. Zaitseva, S.L. Zyblev, T.E. Gavrilenko

Age-related thymic involution: mechanisms of T-cell immunity remodeling

Medical-biological problems

E.L. Artyushkov, A.I. Kozlova, A.G. Skuratov, A.A. Prizentsov, N.A. Mikhailova, A.A. Lyzikov

Antibacterial properties of a polymer-coated mesh hernial prosthesis *in vitro*

A.M. Shestiuk, S.N. Ryabtseva, I.A. Siamionik

Morphological changes in the musculo-elastic layer of the pulmonary artery during storage under moderate hypothermia in a «Custodiol» solution

Clinical medicine

L.A. Anisko

Changes in the microbial landscape and antimicrobial resistance in patients of an infectious disease hospital during the COVID-19 pandemic

A.V. Velichko, Yu.I. Yarets, Z.A. Dundarov

Secondary hyperparathyroidism: preoperative and intraoperative topical diagnosis, surgical treatment

D.I. Haurylenka, E.V. Rodina, A.V. Zharikova

The Interplay Between Gut–Brain Interaction Disorders and Liver Diseases

И.Е. Гурьянова, Ю.С. Жаранкова, И.В. Овсяник, В.И. Лебедь, А.В. Солнцева

Беременность, роды и послеродовой период у женщин с наследственным ангиоотеком с дефицитом C1-ингибитора: обзор современных подходов к ведению и анализ данных опроса белорусских пациентов

64

А.В. Доманцевич, И.В. Назаренко

Экономическая эффективность низкодозовой рентгеновской компьютерной томографии всего тела в диагностике поражения скелета при множественной миеломе

75

Е.С. Зиновкина, Н.В. Чуешова, М.Н. Михасёв, А.С. Пилотович, А.С. Калашникова, О.В. Осипкина, А.С. Шафорост, А.А. Зятков, О.П. Шляхто, Д.А. Зиновкин

Изменение экспрессии BMP2 и BMP7 при TGF- β 1-индуцированном эндотелиально-мезенхимальном переходе клеток HUVEC

81

Ж.М. Козич, Н.Н. Климович, Т.В. Руденкова, С.А. Костюк, О.В. Красько, Ж.Н. Пугачева

Профиль изменений в генах MAPK-сигнального пути, репарации ДНК/РНК, контроля и регуляции клеточного цикла при плазмоклеточных новообразованиях

87

Е.В. Родина, Д.И. Гавриленко, Н.И. Корженевская, С.В. Зыблева, О.А. Романива, А.П. Саливончик, Е.С. Тихонова

Сцинтиграфическая оценка гипоксии миокарда у пациентов с хронической обструктивной болезнью лёгких на разборе клинического случая

94

Т.Х. Нгуен, Д.С. Нгуен, М.Т. Нгуен

Распространённость артериальной гипертензии и связанных с ней профессиональных факторов среди работников металлургической и керамической промышленности во Вьетнаме

101

Обмен опытом

Я.В. Мордовкина, А.О. Жарикова, Т.В. Бобр, Е.Б. Мордовкин, Г.В. Вашкевич

Клинический случай сохранности зрительных функций при гемодинамически значимом стенозе внутренней сонной артерии

109

I.E. Guryanova, Yu.S. Zharankova, I.V. Ausianik, V.I. Lebedz, A.V. Solntsava

Pregnancy, delivery, and the postpartum period in women with hereditary angioedema with C1 inhibitor deficiency: a review of current management approaches and analysis of survey data from Belarusian patients

A.V. Domantsevich, I.V. Nazarenko

Economic efficiency of low-dose whole-body X-ray computed tomography in the diagnosis of skeletal lesions in multiple myeloma

E.S. Zinovkina, N.V. Chueshova, M.N. Mikhashev, A.S. Pilotovich, A.S. Kalashnikova, O.V. Osipkina, A.S. Shaforost, A.A. Zyatkov, O.P. Shlyakhto, D.A. Zinovkin

The alterations in BMP2 and BMP7 expression during TGF- β 1-induced endothelial-to-mesenchymal transition in HUVEC

Zh.M. Kozich, N.N. Klimkovich, T.V. Rudenkova, S.A. Kostyuk, O.V. Kras'ko, J.N. Pugacheva

Profile of Gene Alterations in the MAPK Signaling Pathway, DNA/RNA Repair, and Cell Cycle Control and Regulation in Plasma Cell Neoplasms

A.V. Rodzina, D.I. Haurilenka, N.I. Karzhaneuskaya, S.V. Zybleva, A.A. Romaniva, A.P. Salivontchik, K.S. Tsikhonova

Scintigraphic assessment of myocardial hypoxia in patients with chronic obstructive pulmonary disease in a clinical case study

T.H. Nguyen, D.S. Nguyen, M.T. Nguyen

Prevalence of hypertension and associated occupational factors among steel and ceramic tile workers in Vietnam

Experience exchange

Ya.V. Mordovkina, A.O. Zharikova, T.V. Bobr, E.B. Mordovkin, G.V. Vashkevich

A clinical case of visual function preservation in hemodynamically significant stenosis of the internal carotid artery

ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОБНОГО ПЕЙЗАЖА И АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ У ПАЦИЕНТОВ ИНФЕКЦИОННОГО СТАЦИОНАРА В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ COVID-19

УЗ «Городская клиническая инфекционная больница», г. Минск, Беларусь;
УО «Белорусский государственный медицинский университет», г. Минск, Беларусь

Пандемия COVID-19 оказала существенное влияние на микробиологическую ситуацию в стационарах, где наблюдалось перераспределение бактериальных и грибковых возбудителей. В ходе исследования ставилась задача оценить изменения микробного пейзажа у пациентов инфекционного стационара в до- и пандемический периоды с учётом респираторного тракта, стерильных локусов и желудочно-кишечного тракта, а также проследить динамику антибиотикорезистентности ключевых клинически значимых возбудителей. Проведён ретроспективно-проспективный анализ микробиологических исследований, выполненных в 2019–2024 гг. Изучали клинически значимые изоляты, выделенные из респираторных образцов, крови, ликвора и кишечного содержимого. Отдельно анализировали динамику антибиотикорезистентности ведущих нозокомиальных патогенов. Период пандемии COVID-19 сопровождался существенной перестройкой микробного пейзажа. В респираторном тракте возрос удельный вес грамотрицательных госпитальных патогенов, прежде всего *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii* и *Pseudomonas aeruginosa*. В кишечном биотопе зафиксировано статистически значимое снижение патогенных энтеробактерий при одновременном росте условно-патогенной и госпитальной флоры. В стерильных локусах отмечено выраженное увеличение числа изолятов, преимущественно за счёт *K. pneumoniae*, *Escherichia coli* и *A. baumannii*. Параллельно установлено ухудшение профилей антибиотикорезистентности, включая рост карбапенем-резистентности *A. baumannii*, появление колистин-резистентных *K. pneumoniae*, MRSA и VRE. Полученные данные обосновывают необходимость регулярного микробиологического мониторинга, локального аудита антибиотикорезистентности и пересмотра схем эмпирической антибактериальной терапии.

Ключевые слова: COVID-19, микробный пейзаж, нозокомиальная инфекция, антибиотикорезистентность, кишечный биотоп, стерильные локусы, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*

Введение

Пандемия COVID-19 изменила не только структуру вирусной заболеваемости, но и микробиологическую ситуацию в стационарах, где наблюдалось перераспределение бактериальных и грибковых возбудителей [1–3]. У пациентов с SARS-CoV-2 особенно значимыми оказались вторичные бактериальные осложнения, которые развивались на фоне тяжёлого течения инфекции, длительной госпитализации, респираторной

поддержки и широкого применения антимикробных препаратов [1]. Масштабное использование эмпирической антибактериальной терапии на фоне вирусной пневмонии создало беспрецедентное селективное давление на микробиоту пациентов, способствуя отбору полирезистентных госпитальных штаммов [4–6].

Респираторный тракт, стерильные локусы и кишечный биотоп у таких пациентов могут выступать как самостоятель-

ные эпидемиологически значимые среды, в которых под влиянием эпидемического прессинга изменяется как состав, так и клиническая значимость выделяемых микроорганизмов [7]. Особенно неблагоприятным является рост доли госпитальных грамотрицательных патогенов, включая *K. pneumoniae*, *A. baumannii* и *P. aeruginosa*, поскольку именно они чаще всего ассоциируются с нозокомиальными пневмониями, бактериемиями и тяжёлыми инвазивными инфекциями [8, 9].

Отдельной проблемой является антибиотикорезистентность. Широкое и нередко эмпирическое назначение антибактериальных средств в период пандемии создало условия для отбора устойчивых штаммов, в том числе карбапенем-резистентных *A. baumannii*, колистин-резистентных клебсиелл и ванкомицин-резистентных энтерококков [4–6, 8].

Цель настоящей работы — оценить изменения структуры микробной флоры у пациентов инфекционного стационара в 2019–2024 гг. и проследить динамику антибактериальной резистентности наиболее значимых патогенов.

Материал и методы исследования

Проведён ретроспективно-проспективный анализ результатов микробиологических исследований, выполненных в клиничко-диагностической лаборатории УЗ «Городская клиническая инфекционная больница» г. Минска в 2019–2024 гг. Исследование одобрено локальным этическим комитетом УЗ «Городская клиническая инфекционная больница» (протокол №1 от 12.02.2021). В исследование включали клинически значимые изоляты, выделенные из респираторных образцов (мокрота, бронхоальвеолярный лаваж), крови, ликвора и содержимого кишечника. Идентификацию микроорганизмов проводили с помощью автоматического бактериологического анализатора Vitek 2 (BioMérieux, Франция). Чувствительность к антибактериальным препаратам определяли диско-диффузионным методом и с помощью

автоматической системы Vitek 2 в соответствии с рекомендациями Европейского комитета по определению чувствительности к антимикробным препаратам (EUCAST).

В настоящем исследовании анализу подвергались все выделенные изоляты микроорганизмов; при этом многократное включение изолятов от одного пациента не исключалось и могло быть обусловлено как временной динамикой, так и выделением из различных локусов. Такой подход отражает микробиологическую нагрузку стационара и динамику циркуляции патогенов, а не индивидуальную распространённость инфекции. В условиях пандемии кратность заборов биоматериала у тяжёлых пациентов многократно возрастала, поэтому оценка абсолютного числа изолятов и их долей в общем потоке является адекватным методом для характеристики давления госпитальной флоры на систему инфекционного контроля. Структурные различия между годами оценивали с помощью χ^2 -критерия Пирсона, а при малых ожидаемых частотах — точного критерия Фишера. Для ключевых сравнений рассчитывали относительный риск (RR) и 95% доверительные интервалы. Уровень статистической значимости принимали $p < 0,05$. Обработку данных выполняли в программе R 4.2.2.2.

Результаты исследования

В допандемический период (2019 г.) в структуре микроорганизмов, выделенных из респираторного тракта пациентов инфекционного стационара, преобладали *Candida albicans* и *Staphylococcus aureus*, тогда как доля грамотрицательных госпитальных патогенов оставалась сравнительно невысокой. *Klebsiella pneumoniae* составляла 13,78% (39/283), *Acinetobacter baumannii* — 3,53% (10/283), *Pseudomonas aeruginosa* — 3,53% (10/283). В первый год пандемии (2020 г.) структура микрофлоры изменилась в сторону увеличения доли грамотрицательных нозокомиальных микроорганизмов. Наиболее выраженный рост отмечен для *A. baumannii*: его доля увеличилась с 3,53% в 2019 г. до 12,50% в 2020 г.

(18/144), что соответствует приросту в 3,54 раза; $RR=3,54$; 95% ДИ 1,73–7,25; $p<0,001$. Суммарная доля группы *K. pneumoniae* + *A. baumannii* + *P. aeruginosa* увеличилась с 20,85% (59/283) до 34,03% (49/144), что подтверждает статистически значимый сдвиг в сторону госпитальной флоры ($\chi^2=13,47$; $p<0,001$). В 2021 г. доля *K. pneumoniae* достигла 20,70% (71/343) против 13,78% в 2019 г., что соответствует относительному увеличению на 50,2% и $RR=1,50$; 95% ДИ 1,03–2,19. *P. aeruginosa* также возросла до 6,71% (23/343), однако этот прирост был менее выраженным и сопровождался более широким доверительным интервалом. В 2022 г. отмечалось дальнейшее снижение абсолютного числа изолятов, что, вероятно, связано с уменьшением числа тяжёлых случаев и сокращением объёма исследований. Тем не менее, *K. pneumoniae* сохраняла высокую представленность — 19,15% (9/47), а *P. aeruginosa* составила 4,26% (2/47). *A. baumannii* в этот период не выделялся. Таким образом, в течение первых двух лет пандемии в респираторном биотопе сформировался устойчивый сдвиг в пользу грамотрицательных внутрибольничных патогенов, наиболее отчётливо проявившийся в 2020–2021 гг. (таблица 1).

В желудочно-кишечном биотопе в 2019–2022 гг. также отмечены выраженные изменения микробного пейзажа (таблица 2). В период пандемии зарегистрировано снижение частоты выделения патоген-

ных энтеробактерий. Так, число изолятов *Salmonella enteritidis* уменьшилось с 810 в 2019 г. до 400 в 2020 г., что сопровождалось снижением доли с 10,14% до 7,48% от общего числа кишечных изолятов. В последующие годы данный показатель сохранялся на сопоставимо низком уровне и составил 8,16% в 2021 г. и 7,71% в 2022 г. *Shigella flexneri* и *Yersinia enterocolitica* в 2020–2022 гг. не выделялись, тогда как в допандемический период их регистрация имела место, что свидетельствует об уменьшении циркуляции классических патогенов кишечной инфекции в период пандемии. Одновременно с этим отмечалось увеличение представленности условно-патогенной и госпитальной флоры. *Klebsiella pneumoniae* сохраняла лидирующие позиции среди кишечных изолятов: в 2019 г. было выделено 2405 культур, что составило 30,09% от общего числа, в 2020 г. — 1453 (27,17%), в 2021 г. — 1995 (25,48%), а в 2022 г. — 2702 (29,82%). Таким образом, несмотря на временное снижение в 2020–2021 гг., к 2022 г. число изолятов *K. pneumoniae* превысило допандемический уровень, что отражает восстановление и последующее усиление её роли в микробном пейзаже кишечника.

Похожая динамика отмечена для *Pseudomonas aeruginosa*. Если в 2019 г. было выделено 183 изолята (2,29%), то в 2020 г. — 108 (2,02%), в 2021 г. — 264 (3,38%), а в 2022 г. — 335 (3,70%). Таким образом, к концу периода наблюдения ча-

Таблица 1 — Динамика доли ведущих грамотрицательных патогенов в респираторном тракте, 2019–2022 гг.

Патоген	2019 г. (n=283)	2020 г. (n=144)	2021 г. (n=343)	2022 г. (n=47)
<i>K. pneumoniae</i>	39 (13,78%)	24 (16,67%)	71 (20,70%)	9 (19,15%)
<i>A. baumannii</i>	10 (3,54%)	18 (12,50%)	6 (1,75%)	0 (0%)
<i>P. aeruginosa</i>	10 (3,54%)	7 (4,87%)	23 (6,71%)	2 (4,26%)
Суммарная доля	59 (20,85%)	49 (34,03%)	100 (29,15%)	11 (23,4%)

Таблица 2 — Динамика микрофлоры кишечного биотопа, 2019–2022 гг.

Микроорганизм	2019 г. (n=7995)	2020 г. (n=5348)	2021 г. (n=7831)	2022 г. (n=9063)
<i>Salmonella enteritidis</i>	810 (10,14%)	400 (7,48%)	639 (8,16%)	698 (7,71%)
<i>K. pneumoniae</i>	2405 (30,09%)	1453 (27,17%)	1995 (25,48%)	2702 (29,82%)
<i>P. aeruginosa</i>	183 (2,29%)	108 (2,02%)	264 (3,38%)	335 (3,70%)
<i>Acinetobacter spp.</i>	0	7 (0,13%)	5 (0,06%)	33 (0,37%)

стота выделения данного возбудителя возросла как в абсолютных значениях, так и по удельному весу, что указывает на расширение участия нозокомиальной грамотрицательной флоры в кишечном биотопе. Особого внимания заслуживает появление *Acinetobacter spp.*, который в 2019 г. не выделялся вовсе, а начиная с 2020 г. начал регистрироваться в единичных случаях: 7 изолятов в 2020 г., 5 — в 2021 г., 33 — в 2022 г. При дальнейшей идентификации все изоляты *Acinetobacter spp.* из кишечного биотопа были идентифицированы как *A. baumannii*, что подтверждает колонизацию желудочно-кишечного тракта госпитальным патогеном с высоким эпидемическим потенциалом. При этом доля данного микроорганизма в 2022 г. составила 0,37% от всех кишечных изолятов. Появление *Acinetobacter spp.* в кишечном биотопе следует рассматривать как неблагоприятный признак расширения спектра госпитальной микрофлоры, колонизирующей желудочно-кишечный тракт пациентов. В целом для кишечного биотопа в период пандемии COVID-19 была характерна разнонаправленная динамика: снижение частоты выделения классических патогенных энтеробактерий сочеталось с ростом условно-патогенной и госпитальной флоры. Полученные данные указывают на изменение структуры кишечной микробиоты в сторону увеличения доли внутрибольничных микроорганизмов и подтверждают необходимость динамического микробиологического мониторинга у пациентов инфекционного стационара.

В стерильных локусах на протяжении 2019–2022 гг. отмечено наиболее выраженное увеличение микробиологической нагрузки, что отражает рост частоты инвазивных бактериальных осложнений у пациентов инфекционного стационара (та-

блица 3). Общее число выделенных изолятов возросло с 280 в 2019 г. до 713 в 2022 г., то есть в 2,55 раза; абсолютный прирост составил 433 случая, относительный — 154,6 процента. Следует отметить, что в 2022 г. зафиксирован резкий пик положительных гемокультур, что может быть связано как с истинным ростом бактериемий у тяжёлых пациентов, так и с увеличением кратности забора крови в отделениях реанимации. Для более точной оценки мы рассчитали показатель позитивности (доля положительных посевов от общего числа выполненных исследований), который в 2022 г. составил 11,4% против 6,2% в 2019 г., что подтверждает объективный рост инвазивных инфекций, а не только увеличение объёма тестирования. Наиболее значимые различия приходились на рост числа изолятов *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli* и *Acinetobacter baumannii*.

Klebsiella pneumoniae сохраняла ведущие позиции среди возбудителей, выделенных из стерильных сред: 70 изолятов в 2019 г., 105 в 2020 г., 67 в 2021 г. и 221 в 2022 г. В 2022 г. её доля достигла 31,0% от общего числа выделенных микроорганизмов, что указывает на существенное усиление роли данного патогена в структуре инвазивных инфекций.

Аналогичная тенденция прослеживалась для *Escherichia coli*. Число изолятов данного микроорганизма составило 77 в 2019 г., 84 в 2020 г., 68 в 2021 г. и 207 в 2022 г.; в 2022 г. его удельный вес достиг 29 процентов. Таким образом, к концу периода наблюдения *E. coli* также стала одним из ведущих возбудителей, выделяемых из стерильных локусов.

Acinetobacter baumannii демонстрировал выраженный рост после начала пандемии: 21 изолят в 2019 г., 50 — в 2020 г., 25 — в 2021 г., 79 — в 2022 г. В структу-

Таблица 3 — Динамика выделения микроорганизмов из стерильных локусов, 2019–2022 гг.

Патоген	2019 г. (n=280)	2020 г. (n=350)	2021 г. (n=241)	2022 г. (n=713)
<i>K. pneumoniae</i>	70 (25,0%)	105 (30,0%)	67 (27,8%)	221 (31,0%)
<i>E. coli</i>	77 (27,5%)	84 (24,0%)	68 (28,2%)	207 (29,0%)
<i>A. baumannii</i>	21 (7,5%)	50 (14,3%)	25 (10,4%)	79 (11,1%)

ре стерильных локусов его доля в 2022 г. составила 11,1 процента. Особенно важно, что увеличение частоты выделения *A. baumannii* происходило на фоне его известной ассоциации с внутрибольничной передачей, длительной госпитализацией и инвазивными вмешательствами.

В целом данные по стерильным локусам свидетельствуют о выраженном усилении роли грамотрицательной госпитальной флоры в структуре инвазивных инфекций в период пандемии COVID-19. Наиболее значимый вклад в этот процесс внесли *K. pneumoniae*, *E. coli* и *A. baumannii*, что согласуется с представлением о росте нозокомиальных осложнений у тяжёлых пациентов.

Анализ антибиотикорезистентности показал неблагоприятные изменения в отношении ключевых патогенов (таблица 4). Для *A. baumannii* устойчивость к карбапенемам в 2020–2022 гг. приблизилась к 100%, тогда как в 2019 г. составляла около 80 процентов. Для *K. pneumoniae* в пандемический период зарегистрированы штаммы, устойчивые к колистину, что является крайне неблагоприятным признаком. У *S. aureus* с 2021 г. появились MRSA-изоляты, а в постпандемические годы отмечен дальнейший рост их доли. Для *Enterococcus faecium* в 2023 г. впервые зафиксированы штаммы с ванкомицин-резистентным фенотипом. В отношении *P. aeruginosa* сохранялась высокая устойчивость к карбапенемам на уровне 40–50%, при этом в 2022–2024 гг. появились колистин-резистентные изоляты. Совокупность этих данных указывает на усиление селекции полирезистентной флоры под влиянием пандемии. Следует отметить, что в 2023–2024 гг. не отмечено тенденции к снижению резистентности; напротив, по ряду показателей (MRSA, VRE, колистин-

резистентность *K. pneumoniae*) наблюдался дальнейший рост, что указывает на необратимое закрепление полирезистентных клонов в стационаре.

Обсуждение

Результаты настоящего исследования показывают, что пандемия COVID-19 сопровождалась системной перестройкой микробиологического профиля инфекционного стационара. Наиболее заметные изменения затронули респираторный тракт, где возросла доля грамотрицательных нозокомиальных патогенов. Это согласуется с данными литературы о влиянии тяжёлого вирусного поражения лёгких, длительной искусственной вентиляции и расширенного применения антибиотиков на структуру вторичных бактериальных осложнений. Рост *A. baumannii* в респираторных образцах в 3,5 раза в первый год пандемии может быть связан с его способностью длительно сохраняться на поверхностях и вызывать внутрибольничные вспышки в отделениях интенсивной терапии.

В кишечном биотопе отмечено снижение частоты классических патогенных энтеробактерий и одновременное усиление роли условно-патогенной и госпитальной флоры. Такая динамика согласуется с ранее опубликованными наблюдениями о трансформации кишечной флоры при COVID-19 и о роли антибиотиков в формировании дисбиотических состояний. Снижение доли сальмонелл может быть частично объяснено противоэпидемическими ограничениями (социальное дистанцирование, гигиена рук), повлиявшими на передачу кишечных инфекций, а также изменением маршрутизации пациентов с диарейным синдромом.

Таблица 4 — Динамика антибиотикорезистентности основных патогенов, 2019–2024 гг.

Патоген, антибиотик	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
<i>A. baumannii</i> , карбапенемы	80%	98%	99%	100%	96%	94%
<i>K. pneumoniae</i> , колистин	0%	0%	2%	4%	3%	5%
<i>S. aureus</i> , MRSA	0%	0%	8%	12%	15%	17%
<i>E. faecium</i> , ванкомицин	0%	0%	0%	0%	3%	5%
<i>P. aeruginosa</i> , колистин	0%	0%	0%	2%	3%	4%

Наиболее клинически значимым оказался рост выделения микроорганизмов из стерильных локусов. Увеличение частоты бактериемий и инвазивных инфекций, особенно за счёт *K. pneumoniae*, *E. coli* и *A. baumannii*, отражает повышение риска тяжёлых осложнений у госпитализированных пациентов с COVID-19. Примечательно, что рост числа положительных гемокультур начался уже в 2020 г. и продолжился в последующие годы, что свидетельствует об устойчивом изменении эпидемиологической обстановки в стационаре.

Отдельного внимания заслуживает эскалация антибиотикорезистентности. Формирование практически полной карбапенем-резистентности у *A. baumannii*, появление колистин-резистентных штаммов *K. pneumoniae*, MRSA и VRE указывают на то, что пандемия стала фактором ускоренной селекции полирезистентных возбудителей [3, 4, 6]. Этот тренд согласуется с глобальными отчётами о росте устойчивости граммотрицательных бактерий в стационарах, перегруженных пациентами с COVID-19. Особую тревогу вызывает появление колистин-резистентных изолятов, поскольку колистин часто остаётся последним доступным препаратом для лечения инфекций, вызванных карбапенем-резистентными штаммами. Крайне важным результатом является то, что резистентность не только не снизилась в постпандемийный период, но по некоторым фенотипам (MRSA, VRE) продолжает расти. Это свидетельствует о том, что селективное давление, созданное в годы пандемии, привело к необратимому закреплению устойчивых клонов в госпитальной экосистеме.

Полученные данные имеют несколько практических следствий. Во-первых, необходим постоянный локальный микробиологический мониторинг с анализом антибиотикорезистентности, что позволит своевременно выявлять появление новых устойчивых клонов. Во-вторых, схемы эмпирической антибактериальной терапии должны регулярно пересматри-

ваться с учётом актуальной структуры возбудителей и профилей их чувствительности. В-третьих, критически важно усиление инфекционного контроля, включая строгое соблюдение гигиены рук, дезинфекцию поверхностей и рациональное использование антибиотиков.

Настоящее исследование имеет методологическое ограничение, обусловленное использованием изолятов микроорганизмов в качестве единицы анализа вместо индивидуальных пациентов. Такой дизайн отражает микробиологическую нагрузку стационара, однако не позволяет оценить истинную популяционную распространённость резистентных штаммов и может приводить к смещению выборки в сторону пациентов с тяжёлым течением инфекции, у которых чаще производятся заборы биоматериала. Выбор данного подхода был обоснован необходимостью оценки совокупного давления госпитальной флоры в условиях значительного расширения объёма микробиологического мониторинга (см. раздел «Материалы и методы»). Несмотря на указанное ограничение, устойчивость выявленных тенденций в многолетнем ряду наблюдений, их конкордантность с данными международных исследований и статистическая значимость ключевых различий свидетельствуют о надёжности и клинической значимости полученных выводов.

Заключение

Пандемия COVID-19 сопровождалась значимой и воспроизводимой перестройкой микробного пейзажа инфекционного стационара, проявившейся ростом роли граммотрицательных госпитальных патогенов в респираторном тракте и стерильных локусах, а также изменением структуры кишечной микробиоты. Наибольшую статистическую и клиническую значимость имели увеличение доли *A. baumannii* в респираторном биотопе в 2020 г., рост *K. pneumoniae* в 2021 г., выраженное увеличение числа изолятов из стерильных локусов в 2022 г. и появление резистент-

ных фенотипов, включая карбапенем-резистентную *A. baumannii*, колистин-резистентную *K. pneumoniae*, MRSA и VRE. Следует отметить, что эти изменения носят устойчивый характер: в постпандемийные 2023–2024 гг. не произошло возврата к допандемическим уровням чувствительности, а по ряду показателей резистентность продолжала нарастать.

Полученные данные обосновывают необходимость регулярного микробиологического мониторинга, локального аудита антибиотикорезистентности и пересмотра схем эмпирической антибактериальной терапии в условиях продолжающейся циркуляции полирезистентной флоры.

Библиографический список

1. Анисько, Л. А. Проблема применения антибактериальных препаратов в эпоху инфекции COVID-19 / Л. А. Анисько // Лабораторная диагностика. Восточная Европа. – 2022. – Т. 11, № 1. – С. 22–29.
2. Antibiotic prescribing in patients with COVID-19: rapid review and meta-analysis / B. J. Langford [et al.] // Clinical Microbiology and Infection. – 2021. – Vol. 27, No. 4. – P. 520–531.
3. Характеристика бактериальных возбудителей у пациентов с COVID-19 по данным бактериологического исследования крови на стерильность / Е. А. Сильванович [и др.] // Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. – 2023. – Т. 25, прил. 1. – С. 52–53.
4. The epidemiology, virulence and antimicrobial resistance of invasive *Klebsiella pneumoniae* in a children's medical center in Eastern China / L. Yang [et al.] // Infection and Drug Resistance. – 2021. – Vol. 14. – P. 3737–3752.
5. Динамика антибиотикорезистентности клинических изолятов *Klebsiella pneumoniae*, выделенных от пациентов с вторичной бактериальной инфекцией при COVID-19 за период 2019–2021 гг. / В. В. Буткевич [и др.] // Медицинский журнал. – 2023. – № 4. – С. 49–57.
6. Проблема резистентности штаммов *Acinetobacter baumannii* к антибиотикам у пациентов с COVID-19 / В. В. Буткевич [и др.] // БГМУ в авангарде медицинской науки и практики : рецензир. ежегод. сб. науч. тр. – 2023. – Вып. 13, Т. 2. – С. 138–142.
7. Особенности микробного пейзажа группы кишечных бактерий у пациентов с коронавирусной инфекцией SARS-CoV-2 / Л. А. Анисько [и др.] // Клиническая инфектология и паразитология. – 2022. – Т. 11, № 3. – С. 229–234.
8. Антибиотикорезистентность возбудителей бактериальной инфекции у умерших пациентов с COVID-19 за 2020–2021 гг. / В. В. Буткевич [и др.] // Материалы IX Всероссийской междисциплинарной научно-практической конференции с международным участием «Социально значимые и особо опасные инфекционные заболевания». – Краснодар, 2022. – С. 35–36.
9. Спектр бактериальных возбудителей и факторы риска, приводящие к развитию бактериемии у пациентов с COVID-19, госпитализированных в УЗ «Городская клиническая инфекционная больница» г. Минска / Е. А. Сильванович [и др.] // Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. – 2025. – Т. 27, прил. 1. – С. 53–54.

L.A. Anisko

CHANGES IN THE MICROBIAL LANDSCAPE AND ANTIMICROBIAL RESISTANCE IN PATIENTS OF AN INFECTIOUS DISEASE HOSPITAL DURING THE COVID-19 PANDEMIC

The aim of the study was to assess changes in the microbial landscape in patients of an infectious disease hospital during the pre-pandemic and pandemic periods, taking into account the respiratory tract, sterile sites, and gastrointestinal tract, as well as to trace the dynamics of antimicrobial resistance of key clinically significant pathogens. A retrospective-prospective analysis of microbiological studies performed in 2019–2024 was conducted. Clinically significant isolates recovered from respiratory samples, blood, cerebrospinal fluid, and intestinal contents were studied. The dynamics of antimicrobial resistance of the main nosocomial pathogens were analyzed separately. The COVID-19 pandemic was accompanied by a significant restructuring of the microbial landscape. In the respiratory tract, the proportion of gram-negative hospital pathogens, primarily *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, and *Pseudomonas*

aeruginosa, increased. In the intestinal biotope, a statistically significant decrease in pathogenic enterobacteria was observed, with a simultaneous increase in opportunistic and hospital flora. In sterile sites, a marked increase in the number of isolates was noted, mainly due to *K. pneumoniae*, *Escherichia coli*, and *A. baumannii*. At the same time, a deterioration in antimicrobial resistance profiles was observed, including an increase in carbapenem resistance of *A. baumannii*, the emergence of colistin-resistant *K. pneumoniae*, MRSA, and VRE. The obtained data substantiate the need for regular microbiological monitoring, local antimicrobial resistance audits, and revision of empirical antibacterial therapy regimens.

Key words: *COVID-19, microbial landscape, nosocomial infection, antimicrobial resistance, intestinal biotope, sterile sites, Klebsiella pneumoniae, Acinetobacter baumannii*

Поступила 07.07.26