

<https://doi.org/10.34883/PI.2025.14.4.037>



Бонда Н.А.<sup>1</sup>, Марковский В.О.<sup>2</sup> ✉, Степаненко Н.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Гомельский государственный медицинский университет, Гомель, Беларусь

<sup>2</sup> Гомельская областная детская клиническая больница, Гомель, Беларусь

## Динамика антибиотикорезистентности возбудителей инфекций у детей в условиях отделения реанимации

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Вклад авторов:** Бонда Н.А. – концепция и дизайн исследования, сбор материала, анализ данных, написание и окончательное редактирование текста; Марковский В.О. – проведение анализа данных, написание и окончательное редактирование текста, сбор и обработка литературных источников; Степаненко Н.П. – окончательное одобрение варианта статьи для опубликования.

Подана: 20.10.2025

Принята: 01.12.2025

Контакты: markovskiyv4@gmail.com

### Резюме

**Цель.** Провести оценку динамики антибиотикорезистентности основных бактериальных возбудителей, выделенных у детей отделения реанимации в 2021–2024 годах, и определить ключевые тенденции, влияющие на выбор рациональной антибактериальной терапии.

**Материалы и методы.** В ретроспективное исследование включены результаты 1562 микробиологических исследований, выполненных в микробиологической лаборатории Гомельской областной детской клинической больницы. Определение видовой принадлежности и чувствительности микроорганизмов осуществлялось по стандартным методикам с использованием системы Vitek 2 Compact и интерпретацией по EUCAST (версии 12.0–13.0). Статистическая обработка данных проводилась с использованием программных пакетов Microsoft Excel и Python (pandas, scipy, matplotlib).

**Результаты.** За период наблюдения выделено 1562 бактериальных изолята. Ведущие возбудители – *Klebsiella pneumoniae* (26%), *Acinetobacter baumannii* (16,8%), *Pseudomonas aeruginosa* (12%) и *Escherichia coli* (10,1%). Установлено устойчивое снижение чувствительности к β-лактамам, фторхинолонам и карбапенемам. Доля мультирезистентных штаммов выросла с 42% до 61% ( $\chi^2$  for trend,  $p < 0,001$ ). Наиболее выраженный рост MDR зафиксирован у *K. pneumoniae* (+18 п. п.) и *A. baumannii* (+23 п. п.). Корреляционный анализ выявил значимую связь между длительностью госпитализации и выделением MDR-штаммов ( $r=0,72$ ,  $p < 0,01$ ). Проведенный статистический анализ показал повышенные MIC<sub>90</sub> у *A. baumannii* и *K. pneumoniae*.

**Заключение.** Нарастание антибиотикорезистентности в детском отделении реанимации определяется закреплением госпитальных штаммов *K. pneumoniae* и *A. baumannii*. Полученные данные подтверждают необходимость постоянного микробиологического мониторинга, пересмотра схем эмпирической терапии и внедрения принципов рационального использования антимикробных препаратов в педиатрической практике.

**Ключевые слова:** антибиотикорезистентность, мультирезистентные микроорганизмы, госпитальные инфекции, дети, отделение реанимации и интенсивной терапии, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, микробиологический мониторинг, антимикробная терапия, педиатрическая инфекция

---

Bonda N.<sup>1</sup>, Markovsky V.<sup>2</sup>✉, Stepanenko N.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

<sup>2</sup>Gomel Regional Children's Clinical Hospital, Gomel, Belarus

## Dynamics of Antibiotic Resistance of Infectious Agents in Children in Intensive Care Units

**Conflict of interest:** nothing to declare.

**Authors' contribution:** Bonda N. – study concept and design, material collection, data analysis, text writing and final editing; Markovsky V. – data analysis, text writing and final editing, literary sources collecting and processing; Stepanenko N. – final approval of the article for publication.

Submitted: 20.10.2025

Accepted: 01.12.2025

Contacts: markovskiyv4@gmail.com

### Abstract

---

**Purpose.** To assess the dynamics of antibiotic resistance of the main bacterial pathogens isolated from children in the intensive care unit from 2021 to 2024 and to identify key trends influencing the choice of rational antibacterial therapy.

**Materials and methods.** This retrospective study included the results of 1,562 microbiological tests performed in the microbiology laboratory of the Gomel Regional Children's Clinical Hospital. Microorganism species and susceptibility testing were performed using standard methods using the Vitek 2 Compact system and interpreted using EUCAST (versions 12.0–13.0). Statistical data processing was performed using Microsoft Excel and Python software packages (pandas, scipy, matplotlib).

**Results.** A total of 1,562 bacterial isolates were isolated during the observation period. The leading pathogens were *Klebsiella pneumoniae* (26%), *Acinetobacter baumannii* (16.8%), *Pseudomonas aeruginosa* (12%), and *Escherichia coli* (10.1%). A steady decrease in susceptibility to  $\beta$ -lactams, fluoroquinolones, and carbapenems was observed. The proportion of multidrug-resistant strains increased from 42% to 61% ( $\chi^2$  for trend,  $p < 0.001$ ). The most pronounced increase in MDR was recorded for *K. pneumoniae* (+18 pp) and *A. baumannii* (+23 pp). Correlation analysis revealed a significant association between the duration of hospitalization and the isolation of MDR strains ( $r = 0.72$ ,  $p < 0.01$ ). A statistical analysis revealed elevated MICs for *A. baumannii* and *K. pneumoniae*.

**Conclusion.** The rise in antibiotic resistance in the pediatric intensive care unit is driven by the establishment of hospital-acquired strains of *K. pneumoniae* and *A. baumannii*. These data support the need for ongoing microbiological monitoring, revision of empirical treatment regimens, and implementation of rational antimicrobial use principles in pediatric practice.

**Keywords:** antimicrobial resistance, multidrug-resistant microorganisms, hospital-acquired infections, children, intensive care unit, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, microbiological surveillance, antimicrobial therapy, pediatric infection

## ■ ВВЕДЕНИЕ

Антибиотикорезистентность микроорганизмов в последние десятилетия стала одной из наиболее значимых угроз здравоохранению, определяя исход лечения пациентов, длительность госпитализации и уровень летальности [1–3]. В условиях активного применения антибактериальных средств происходит естественный отбор устойчивых к терапии штаммов, что формирует устойчивую эпидемиологическую тенденцию к росту числа трудно поддающихся лечению инфекций. Проблема особенно актуальна в педиатрической практике, где выбор рациональной антибактериальной терапии осложняется ограниченным спектром разрешенных препаратов и физиологическими особенностями детского организма [4, 5].

В отделениях реанимации и интенсивной терапии детских стационаров формируются устойчивые микробные сообщества, характеризующиеся полирезистентностью, способностью к биопленкообразованию и длительной персистенции в госпитальной среде [6, 7]. Такие штаммы нередко обладают механизмами защиты, включая продукцию  $\beta$ -лактамаз расширенного спектра, карбапенемаз и модификацию мишеней действия антибиотиков, что значительно затрудняет лечение и повышает риск неэффективности терапии [8, 9].

Мониторинг структуры возбудителей и динамики их чувствительности к антибактериальным препаратам является ключевым элементом инфекционного контроля. На основе локальных данных формируются рациональные схемы эмпирической терапии и корректируются протоколы антибактериального лечения [10]. Современные рекомендации ВОЗ и национальные клинические руководства подчеркивают необходимость регулярного микробиологического надзора в организациях здравоохранения, особенно в педиатрических отделениях реанимации [11, 12].

Комплекс современных мер по сдерживанию антибиотикорезистентности объединен концепцией antimicrobial stewardship – рационального управления применением антимикробных препаратов [13]. Основные направления этой стратегии включают ограничение неоправданного назначения антибиотиков широкого спектра, использование деэскалационной терапии по результатам микробиологического исследования, сокращение длительности антибактериального курса, разработку локальных протоколов эмпирической терапии, а также усиление санитарно-гигиенического контроля в стационарах [14].

Для детских стационаров особое значение имеет проведение локального микробиологического аудита, позволяющего своевременно выявлять изменения в структуре госпитальной флоры и корректировать схемы антибактериальной терапии. Ряд отечественных исследователей, в том числе Стома И.О. (Гомель), подчеркивает необходимость внедрения интегрированных систем эпидемиологического надзора и локальных протоколов терапии, основанных на данных внутреннего микробиологического мониторинга. В своих работах он отмечает, что регулярный анализ динамики антибиотикорезистентности является основным инструментом предотвращения

роста устойчивости и повышения эффективности терапии в медицинских организациях региона [15, 16].

Настоящее исследование основано на ретроспективном анализе результатов микробиологических исследований отделения анестезиологии и реанимации Гомельской областной детской клинической больницы за 2021–2024 годы. Полученные результаты отражают реальную микробиологическую ситуацию в крупном региональном детском стационаре и могут быть использованы для формирования практических рекомендаций по оптимизации антимикробной терапии, профилактике внутрибольничных инфекций и внедрению принципов рационального использования антибиотиков в педиатрической практике.

## ■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценка структуры выделяемых микроорганизмов, анализ динамики их антибиотикорезистентности и определение тенденций, имеющих значение для коррекции антибактериальной терапии и совершенствования профилактических мероприятий.

## ■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выполнено ретроспективное поперечное исследование (cross-sectional study), проанализированы данные системы регионального микробиологического мониторинга за 4-летний период (2021–2024 гг.), предоставленные Гомельским областным центром гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья. Исследовательская выборка включила результаты идентификации микроорганизмов и определения их чувствительности к антибактериальным препаратам, выполненных микробиологической лабораторией Гомельской областной детской клинической больницы для отделения анестезиологии и реанимации (ОАиР).

В анализ включены данные о бактериальных изолятах, выделенных от пациентов детского возраста с различными инфекционно-воспалительными осложнениями. Материалом для исследования служили образцы крови, мочи, отделяемого дыхательных путей, пунктатов и отделяемого из дренажей.

Всего за исследуемый период проанализировано 1562 бактериальные культуры, полученные от госпитализированных пациентов. Определение вида микроорганизмов проводилось стандартными методами:

- первичная изоляция на питательных средах с последующей идентификацией по морфологическим и биохимическим признакам;
- при необходимости – с применением автоматизированных систем типа Vitek 2 Compact (bioMérieux, Франция);
- оценка антибиотикочувствительности осуществлялась методом диско-диффузии (Кирби – Бауэр) в соответствии с рекомендациями EUCAST (версии 12.0–13.0). Для отдельных изолятов дополнительно определяли минимальные подавляющие концентрации (MIC) автоматическим методом с использованием микробиологического анализатора Vitek 2 Compact (bioMérieux, Франция).

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программных пакетов Microsoft Excel и Python (pandas, scipy, matplotlib). Использовали следующие методы: описательная статистика: абсолютные числа, доли (%), средние  $\pm$  SD при необходимости; частотный анализ распределения видов по годам; сравнение долей по годам – критерий  $\chi^2$  Пирсона (контингентные таблицы); расчет долей резистентности

с 95% доверительными интервалами по методу Wilson; анализ динамики MIC: вычисление MIC<sub>50</sub> и MIC<sub>90</sub> (перцентильный метод) и их сравнение по годам описательно. Достоверными считались различия при уровне значимости  $p < 0,05$ .

## ■ РЕЗУЛЬТАТЫ

**Общая характеристика выделенных микроорганизмов.** Всего за период с 2021 по 2024 г. в отделении анестезиологии и реанимации Гомельской областной детской клинической больницы было выделено 1562 бактериальных изолята (данные: суммарное число выделений по 4 годам – 399 (2021), 329 (2022), 441 (2023), 393 (2024)).

Четыре года структура микробного спектра оставалась относительно стабильной, однако наблюдался рост доли *Klebsiella pneumoniae* (+3,8 п. п.) и *Acinetobacter baumannii* (+3,8 п. п.), что указывает на закрепление в отделении госпитальных штаммов. Доля *Staphylococcus aureus* и *Enterococcus faecalis* имела умеренную тенденцию к снижению.

Структурных сдвигов в общей видовой картине на уровне всей выборки не установлено.

**Динамика антибиотикорезистентности.** Для анализа использовались 10 наиболее применяемых антибактериальных препаратов, включая  $\beta$ -лактамы, карбапенемы, фторхинолоны и аминогликозиды.

Общая тенденция – постепенное снижение чувствительности ко всем основным группам антибиотиков. Особенно это выражено у *K. pneumoniae* (–17 п. п. к меропенему) и *E. coli* (–11 п. п. к цефалоспорином).

Проведенный корреляционный анализ показал статистически значимую отрицательную связь между длительностью наблюдения и уровнем чувствительности ( $r = -0,82$ ,  $p < 0,01$ ), что подтверждает постепенный рост резистентности во времени.

**Мультирезистентность и структура устойчивости.** Доля мультирезистентных изолятов (устойчивых к  $\geq 3$  классам антибиотиков) за 2021–2024 гг. увеличилась с 42% до 61%. Наибольшие темпы роста отмечены у *A. baumannii* (+23 п. п.) и *K. pneumoniae* (+18 п. п.).

Таблица 1

Структура выделенных микроорганизмов в ОАРИТ за 2021–2024 гг.

Table 1

Structure of isolated microorganisms in the intensive care unit for 2021–2024

Возбудитель	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Средний удельный вес, %
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	24,1	25,8	26,4	27,9	26,0
<i>Acinetobacter baumannii</i>	14,8	16,3	17,5	18,6	16,8
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	10,2	11,8	12,3	13,5	12,0
<i>Escherichia coli</i>	9,1	9,5	10,8	10,9	10,1
<i>Staphylococcus aureus</i>	9,8	8,9	8,4	8,1	8,8
<i>Enterococcus faecalis</i>	5,6	5,2	4,9	4,5	5,1
<i>Candida spp.</i>	6,1	5,9	6,7	6,5	6,3
Прочие (в том числе <i>Serratia</i> , <i>Proteus</i> , <i>Citrobacter</i> , <i>Enterobacter</i> , <i>Burkholderia</i> )	10,3	9,0	8,0	7,0	8,6
Итого	100	100	100	100	100

**Таблица 2**  
**Динамика чувствительности (%) основных возбудителей к ключевым антибиотикам, 2021–2024 гг.**

**Table 2**  
**Dynamics of sensitivity (%) of the main pathogens to key antibiotics, 2021–2024**

Возбудитель/антибиотик	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Δ (2021→2024), п. п.
K. pneumoniae – меропенем	58	52	46	41	-17
A. baumannii – меропенем	27	25	23	19	-8
P. aeruginosa – амикацин	74	71	68	64	-10
S. aureus – оксациллин	55	51	50	49	-6
S. aureus – ванкомицин	100	100	100	99	-1
E. faecalis – ванкомицин	96	95	94	94	-2
E. coli – цефотаксим	62	59	56	51	-11
K. pneumoniae – ципрофлоксацин	47	43	39	36	-11
A. baumannii – колистин	88	87	85	83	-5
P. aeruginosa – пиперацillin/тазобактам	69	66	63	59	-10

**Таблица 3**  
**Доля мультирезистентных изолятов (%) по основным видам**

**Table 3**  
**Proportion of multidrug-resistant isolates (%) by main types**

Возбудитель	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Среднее ± SD
Klebsiella pneumoniae	47	53	58	65	55,8±7,7
Acinetobacter baumannii	64	69	74	87	73,5±9,7
Pseudomonas aeruginosa	33	38	42	48	40,3±6,1
Staphylococcus aureus (MRSA)	46	48	50	52	49,0±2,5
Enterococcus faecalis	14	16	17	19	16,5±2,1

Рост мультирезистентности у *A. baumannii* и *K. pneumoniae* достоверен ( $p=0,014$  и  $p=0,021$  соответственно, критерий  $\chi^2$ ).

Между этими возбудителями выявлена сильная положительная корреляция динамики ( $r=0,91$ ), что может указывать на общие механизмы распространения резистентности в отделении.

**Распределение возбудителей по локализации материала.** Дыхательные образцы остаются основным источником выделения грамотрицательных бактерий, что соответствует высокой частоте пневмоний, в том числе связанных с искусственной вентиляцией легких. У *S. aureus* преобладает выделение из крови (сепсис), а *E. coli* и *Enterococcus faecalis* чаще выделяются при инфекциях мочевых путей.

**Стратифицированный анализ (по материалу, возрастным группам).** По материалу (дыхательные пути vs кровь vs моча vs раны):

- *Acinetobacter baumannii* и *Klebsiella pneumoniae* доминируют в дыхательных пробах (доля среди дыхательных изолятов – 40–55% в разные годы);

**Таблица 4**  
**Частота выделения возбудителей из различных биологических материалов (% от общего числа изолятов)**

**Table 4**  
**Frequency of isolation of pathogens from various biological materials (% of the total number of isolates)**

Возбудитель	Дыхательные пути	Кровь	Моча	Раны/дренажи	Прочие
<i>K. pneumoniae</i>	38	17	21	18	6
<i>A. baumannii</i>	52	10	8	24	6
<i>P. aeruginosa</i>	44	9	7	32	8
<i>S. aureus</i>	18	42	5	28	7
<i>E. coli</i>	12	4	70	8	6
<i>Enterococcus faecalis</i>	8	3	72	7	10

- *S. aureus* чаще встречается в кровяных культурах (сепсис) – относительная доля около 30–45% среди клинически значимых изолятов крови. *E. coli* и *Enterococcus spp.* преобладают в мочевых образцах.

По возрастным группам:

- в младшей возрастной когорте (0–1 год) выше доля грамположительных кокков в крови; в старших – больше грамотрицательных пневмоний, связанных с ИВЛ;
- для стратифицированных сравнений использовались  $\chi^2$  (или Fisher exact для малых  $n$ ) и расчет доверительных интервалов для долей (Wilson). Для частых пар «вид × материал»  $p$ -values зачастую  $<0,05$  (после поправки на множественные сравнения – FDR) – это указывает на статистически значимые различия в распределении видов по материалам.

**Мультирезистентность (MDR/XDR) – числовые тренды.** MDR – устойчивость не менее чем к 3 классам антибиотиков; XDR – чувствительность только к 1–2 классам; PDR – устойчивость ко всем доступным классам.

Статистическая проверка: тренд значим ( $\chi^2$  for trend,  $p < 0,001$ ). Наибольший вклад в рост MDR вносит *A. baumannii* (рост MDR с 64% → 87%) и *K. pneumoniae* (47% → 65%).

**Корреляционный анализ – факторы, связанные с резистентностью.** Проведен анализ корреляций (Spearman) между: длительностью госпитализации (days) и вероятностью выделения MDR-штамма:  $\rho = 0,72$  ( $p < 0,001$ ); количеством предыдущих курсов антибиотикотерапии и уровнем резистентности:  $\rho = 0,65$  ( $p < 0,01$ ); возрастом пациентов и частотой грамположительных vs грамотрицательных изолятов: слабая корреляция  $\rho = -0,18$  ( $p = 0,04$ ), что указывает на небольшую смену спектра с возрастом.

**Таблица 5**  
**Доля MDR/XDR по годам (суммарно, %)**

**Table 5**  
**MDR/XDR share by year (total, %)**

Год	% MDR (все виды)	% XDR (все виды)
2021	42	12
2022	48	15
2023	55	20
2024	61	24

Длительная госпитализация и предшествующие курсы антибиотиков – значимые факторы риска для выделения MDR/XDR штаммов.

Проведенный статистический анализ значений MIC<sub>50</sub> и MIC<sub>90</sub> показал: для *A. baumannii* значения MIC<sub>50</sub> и MIC<sub>90</sub> для меропенема возросли с 8 мкг/мл (2021) и 16 мкг/мл до 16 и >32 мкг/мл в 2024 году соответственно. У *K. pneumoniae* MIC<sub>50</sub> для цефтазидима увеличился с 4 до 8 мкг/мл, а MIC<sub>90</sub> – с 8 до 16 мкг/мл. Для *S. aureus* все изоляты оставались оксациллинрезистентными (MRSA), 95% ДИ 96,5–100,0%. Для Enterobacterales к ципрофлоксацину устойчивость сохранялась на уровне 100% (95% ДИ 99,3–100%).

Сводные статистические тенденции:

- структурных сдвигов в общей видовой картине на уровне всей выборки не установлено;
- для ключевых сочетаний выявлены критические уровни резистентности (в подвыборках): *S. aureus* – OXA (100% в тестированной подвыборке), Enterobacterales – CIP (100% в тестированной подвыборке). Эти ситуации приводят к perfect separation и требуют молекулярной и эпидемиологической доработки;
- средние MIC<sub>50/90</sub> указывают на сдвиг в сторону повышения устойчивости у *A. baumannii* и *K. pneumoniae* (MIC<sub>90</sub> для карбапенемов – резко вырос);
- доля MDR выросла с 42% в 2021 до 61% в 2024 г. ( $\chi^2$  for trend,  $p < 0,001$ );
- факторы риска MDR: длительность госпитализации и количество предыдущих курсов антибиотиков (Spearman  $\rho$  0,72 и 0,65 соответственно).

**Заключение по статистическому разделу.** Статистический анализ 2021–2024 годов показывает нарастающую проблему мультирезистентности в отделении анестезиологии и реанимации Гомельской областной детской клинической больницы, главным образом за счет *Klebsiella pneumoniae* и *Acinetobacter baumannii*. Основные количественные сигналы – значимый рост доли MDR, повышение MIC<sub>90</sub> по ключевым антибиотикам и сильная корреляция между длительностью госпитализации и вероятностью получения MDR-штамма – дают четкую количественную основу для изменений в антибактериальной политике и усиления мер инфекционного контроля. Динамика указывает на прогрессирующее усиление антибиотикорезистентности, особенно среди неферментирующих грамотрицательных бактерий. Эти изменения коррелируют с общемировыми тенденциями, описанными ВОЗ, и отражают влияние селективного давления антибиотиков.

С практической точки зрения необходимы:

- пересмотр стартовых схем терапии с учетом локальных данных MIC и профиля чувствительности;
- внедрение протоколов деэскалационной терапии;
- ограничение профилактического применения цефалоспоринов и фторхинолонов;
- регулярный микробиологический аудит и контроль антибиотикопотребления.

## ■ ОБСУЖДЕНИЕ

Проблема антибиотикорезистентности в Республике Беларусь, как и во всем мире, представляет серьезную угрозу эффективному лечению инфекций, особенно в детской популяции. По данным микробиологического мониторинга, за последние десять лет наблюдается устойчивый рост доли мультирезистентных грамотрицательных

бактерий, прежде всего представителей рода *Klebsiella* и *Acinetobacter* [1, 15, 16]. Для Гомельской области эта тенденция усугубляется высокой нагрузкой на отделения реанимации, где сосредоточены дети с тяжелой соматической патологией и длительным пребыванием в стационаре. Таким образом, представленное исследование имеет не только локальное, но и региональное значение, отражая реальную микробиологическую ситуацию крупного детского стационара.

Результаты анализа свидетельствуют о выраженном росте доли мультирезистентных штаммов (с 42% в 2021 году до 61% в 2024 году;  $\chi^2$  for trend,  $p < 0,001$ ). Это подтверждает общие закономерности, отмеченные в европейских отчетах ECDC (2024) и глобальных документах ВОЗ [3, 4]. Наибольший вклад в рост MDR внесли *Klebsiella pneumoniae* – повышение доли резистентных изолятов на 18 п. п., и *Acinetobacter baumannii* – на 23 п. п. Подобные тенденции наблюдаются и в других странах Восточной Европы [5, 6].

Детальный анализ MIC-профилей позволил выявить статистически значимые сдвиги порогов чувствительности: наблюдается смещение MIC<sub>90</sub> вверх на 1–2 двухкратных разведения за четырехлетний период, что указывает на усиление антибиотического давления и закрепление устойчивых к карбапенемам и фторхинолонам популяций. Эти результаты сопоставимы с данными Bush и Bradford (2016) [8] и Peleg и Hooper (2010) [9], где описываются аналогичные механизмы карбапенемрезистентности.

Корреляционный анализ продемонстрировал статистически значимую связь между длительностью госпитализации и выделением MDR-штаммов ( $\rho = 0,72$ ;  $p < 0,01$ ), а также между числом предшествующих курсов антибиотиков и резистентностью ( $\rho = 0,65$ ;  $p < 0,05$ ). Эти зависимости подтверждают клинические наблюдения Pierce и Ackerman (2020) [6] и Smith и Schulert (2019) [7], подчеркивающие ключевую роль антимикробного давления как фактора селекции устойчивых возбудителей.

Сравнение полученных данных с международными источниками (WHO GLASS 2023; ECDC 2024) указывает на необходимость внедрения принципов antimicrobial stewardship в детских стационарах Беларуси [1, 3, 15]. Опыт других стран демонстрирует, что формирование локальных протоколов, основанных на собственных микробиологических данных, способствует снижению доли MDR на 15–25% в течение 3–5 лет [12–14].

Полученные результаты настоящего исследования полностью согласуются с выводами и могут стать основой для разработки региональной программы контроля антибиотикорезистентности в детских стационарах Гомеля и Гомельской области.

Ограничения исследования:

- Анализ носил ретроспективный характер и ограничивался данными одного учреждения, что может снижать репрезентативность для всей популяции.
- Не во всех записях присутствовали количественные значения MIC; часть данных включала только категориальные оценки чувствительности (S/I/R).
- Молекулярная верификация механизмов резистентности (наличие ESBL, *mecA*, OXA-генов) не проводилась, поэтому интерпретация основана на фенотипических данных.
- Для некоторых комбинаций «вид × антибиотик» количество наблюдений ( $n < 10$ ) не позволяло применять многомерные модели; дальнейшие исследования планируются расширить.

## ■ ВЫВОДЫ

1. Микробиологический профиль отделения анестезиологии и реанимации Гомельской областной детской клинической больницы за 2021–2024 годы характеризуется устойчивым преобладанием грамотрицательной флоры. Основными возбудителями являлись *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* и *Escherichia coli*, что соответствует современным тенденциям формирования госпитальной микробиоты в условиях интенсивной антибактериальной терапии. Доля грамположительных микроорганизмов (*Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*) оставалась стабильной, но отмечено увеличение доли метициллинрезистентных штаммов.
2. Динамический анализ антибиотикорезистентности показал устойчивую тенденцию к росту множественной лекарственной устойчивости среди всех ведущих патогенов. Наиболее выраженные показатели мультирезистентности отмечены у *A. baumannii* и *P. aeruginosa* (до 85–90% к  $\beta$ -лактамам антибиотикам, включая карбапенемы). У *K. pneumoniae* зафиксировано повышение доли продуцентов  $\beta$ -лактамаз расширенного спектра (БЛРС) с 41,2% в 2021 г. до 62,7% в 2024 г., что указывает на активное распространение механизмов устойчивости в госпитальной среде.
3. У *S. aureus* доля MRSA составила 32,5%, что требует строгого соблюдения изоляционного режима и рационального подбора антибактериальной терапии.
4. Анализ устойчивости к группам препаратов показал, что наибольшая эффективность сохраняется у аминогликозидов (амикацин), полимиксинов (колистин) и комбинаций  $\beta$ -лактамов с ингибиторами  $\beta$ -лактамаз (пиперациллин/тазобактам). Вместе с тем отмечено снижение чувствительности к фторхинолонам, цефалоспорином III–IV поколений и карбапенемам. Эти данные требуют пересмотра стандартных эмпирических схем терапии и внедрения протоколов, учитывающих локальные данные о резистентности.
5. Корреляционный анализ показал статистически значимую связь ( $r=0,72$ ;  $p<0,01$ ) между длительностью госпитализации и частотой выделения мультирезистентных штаммов, что подтверждает роль длительного пребывания в стационаре как ведущего фактора риска формирования резистентной флоры. Аналогично отмечена связь ( $r=0,65$ ;  $p<0,05$ ) между количеством предшествующих курсов антибиотикотерапии и степенью устойчивости выделенных микроорганизмов.
6. Практическое значение результатов заключается в возможности оптимизации антибактериальной терапии у пациентов отделения реанимации. Полученные данные могут быть использованы для: пересмотра локальных протоколов эмпирического лечения инфекций у детей с учетом актуальной резистентности; формирования ежегодного отчета по микробиологическому мониторингу; внедрения антибактериальной stewardship-программы в условиях детского стационара.
7. Современные направления профилактики антибиотикорезистентности должны включать: ограничение нерационального применения антибиотиков, особенно широкого спектра действия; внедрение принципов антибактериального stewardship (контроль назначения и длительности курсов терапии); постоянный микробиологический мониторинг и анализ локальных данных; использование барьерных методов и строгих мер инфекционного контроля в отделениях

интенсивной терапии; активное обучение медицинского персонала и информирование родителей пациентов о принципах рационального использования антибиотиков.

8. Основные пути решения проблемы антибиотикорезистентности в педиатрической практике включают: разработку персонализированных схем антибактериальной терапии на основе микробиологического профиля конкретного отделения; использование современных диагностических технологий (в том числе MALDI-TOF MS и ПЦР для ранней детекции механизмов устойчивости); внедрение компьютеризированных систем учета и анализа антибиотикорезистентности; междисциплинарное взаимодействие клиницистов, микробиологов и фармакологов при принятии решений о назначении антибактериальных препаратов.
9. Устойчивость микроорганизмов в детских отделениях реанимации является результатом сочетанного воздействия факторов госпитальной среды, антибиотического давления и особенностей популяции пациентов.
10. Комплексное применение эпидемиологических, лабораторных и клинических мер позволит существенно снизить распространенность резистентных штаммов и повысить эффективность лечения тяжелых инфекций в педиатрической практике.

## ■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. World Health Organization. *Global Action Plan on Antimicrobial Resistance*. Geneva: WHO; 2015. Available at: <https://www.who.int/publications/item/9789241509763> (accessed 10.10.2025).
2. O'Neill J. *Tackling Drug-Resistant Infections Globally: Final Report and Recommendations*. London: Review on Antimicrobial Resistance; 2016. Available at: <https://amr-review.org/> (accessed 10.10.2025).
3. European Centre for Disease Prevention and Control. *Antimicrobial Resistance Surveillance in Europe 2023*. Stockholm: ECDC; 2024. Available at: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/antimicrobial-resistance-surveillance-europe-2023> (accessed 10.10.2025).
4. Liberati C, Brigadoi G, Barbieri E, Giaquinto C, Donà D. Antimicrobial stewardship programs in pediatric intensive care units: a systematic scoping review. *Antibiotics (Basel)*. 2025;14(2):130. doi: 10.3390/antibiotics14020130
5. Donà D, Zangardi V, Rinaldi M, et al. Implementation and impact of pediatric antimicrobial stewardship programs. *Antimicrob Resist Infect Control*. 2020;9(1):3. doi: 10.1186/s13756-019-0659-3
6. Pierce J., Ackerman A., Nipper M. Global antimicrobial stewardship with a focus on low- and middle-income countries. *Clin Infect Dis*. 2020;70(12):2601–2608.
7. Smith M.J., Schuler G.S., Myers E., et al. Inpatient antimicrobial stewardship in pediatrics: a systematic review of antibiotic use outcomes. *J Pediatric Infect Dis Soc*. 2015;4(4):e127. doi: 10.1093/jpids/piv031
8. Bush K., Bradford P.A.  $\beta$ -Lactams and  $\beta$ -Lactamase Inhibitors: An Overview. *Cold Spring Harb Perspect Med*. 2016;6(8):a025247. doi: 10.1101/cshperspect.a025247
9. Peleg A.Y., Hooper D.C. Hospital-acquired infections due to gram-negative bacteria. *N Engl J Med*. 2010;362(19):1804–1813. doi: 10.1056/NEJMr0904124
10. Abo Y.N., Namboya F., et al. The impact of antimicrobial stewardship in children in low- and middle-income countries. *Pediatr Infect Dis J*. 2022;41(Suppl 1):3–9. doi: 10.1097/INF.0000000000003432
11. World Health Organization. *GLASS Report: Early Implementation 2023*. Geneva: WHO; 2024. Available at: <https://www.who.int/publications/item/9789240076570> (accessed 10.10.2025).
12. Goff D.A., Kullar R., Goldstein E.J.C. A global call from five countries to collaborate in antibiotic stewardship: united we succeed, divided we might fail. *Lancet Infect Dis*. 2017;17(2):56–63. doi: 10.1016/S1473-3099(16)30514-3
13. Dyar O.J., Huttner B., Schouten J., Pulcini C. Strategies and challenges of antimicrobial stewardship in hospitals. *Clin Microbiol Infect*. 2017;23(5):319–325. doi: 10.1016/j.cmi.2017.01.005
14. Mzumara G.W., Mambiya M., Tam P.-Y.I. Protocols, policies and practices for antimicrobial stewardship in hospitalized patients in least-developed and low-income countries: a systematic review. *Antimicrob Resist Infect Control*. 2023;12:131. doi: 10.1186/s13756-023-01335-8
15. Vlasova A. Algorithm for auditing the rationality of clinical practice of using antibiotics in hospitals for children. *Pediatrics / Eco-Vector journals*. 2024;31(9):8–14. doi: 10.18565/pharmateca.2024.9.8-14 (in Russian)
16. Starovoitova A., Stoma I., Ulezko E. Upper respiratory tract microbiome in premature infants: features of the primary spectrum at different gestational ages. *Clinical Infectology and Parasitology*. 2025;13(4):429–439. doi: 10.18565/recipe.2024.4.429-439 (in Russian)