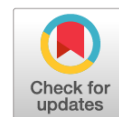


УДК 614.2:579.61:615.036

DOI: <https://doi.org/10.17816/brmma207771>

Научная статья



ХАРАКТЕРИСТИКА АНТИБИОТИКОРЕЗИСТЕНТНОСТИ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ИНФЕКЦИОННЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ У РАНЕНЫХ

Е.В. Крюков, К.П. Головкин, В.Ю. Маркевич, Т.Н. Суборова, А.М. Носов, Л.А. Хугаев,
Е.В. Мельникова, О.П. Сидельникова

Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

Резюме. Рассмотрены особенности этиологической структуры и антибиотикорезистентности возбудителей инфекционных осложнений у раненых на этапе оказания специализированной медицинской помощи. Исследованы 3845 клинических изолятов, полученных от поступивших на лечение в многопрофильный стационар раненых. Установлено, что в спектре выделенных микроорганизмов преобладали полирезистентные возбудители *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* и *Acinetobacter baumannii*, удельный вес которых варьировал в зависимости от вида клинического материала. Данные бактерии преобладали в спектре микроорганизмов, выделенных из ран, а также отделяемого дыхательных и мочевыводящих путей. Полирезистентные клинические изоляты *Acinetobacter baumannii* были чувствительны только к тигециклину и полимиксину, *Klebsiella pneumoniae* и *Pseudomonas aeruginosa* — только к полимиксину. При сопоставлении данных 2022 г. с результатами исследования раневого отделяемого, проведенного в 2020 г., выявлено резкое изменение спектра возбудителей раневой инфекции: увеличение доли *Acinetobacter spp.*, *Bacillus spp.*, *Enterococcus spp.*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* и снижение доли ряда грамотрицательных бактерий, в том числе *Proteus spp.* и *Escherichia coli*, а также выраженное 5-кратное сокращение доли *Streptococcus spp.* и *Staphylococcus aureus*. Вероятно, эмпирическая терапия боевых ранений на ранних этапах оказания медицинской помощи эффективно препятствует развитию раневых инфекций, связанных с данными возбудителями. Среди возбудителей инфекции кровотока лидировали коагулазоотрицательные стафилококки (34,5 %) и *Klebsiella pneumoniae* с показателем 27,8 %. При этом доля метициллинрезистентных *Staphylococcus spp.* составила 80 %. Длительное течение инфекционных осложнений, связанных с полирезистентными штаммами возбудителей, сложность подбора рациональной антибактериальной терапии могут поддерживать циркуляцию антибиотикорезистентных внутрибольничных штаммов в госпитальной среде. Необходимо усиление внимания эпидемиологической службы к проблеме высокой частоты выделения полирезистентных возбудителей для своевременного проведения противоэпидемических мероприятий. Таким образом, полученные данные свидетельствуют об участии полирезистентных грамотрицательных бактерий в развитии инфекционных осложнений у раненых на этапе стационарного лечения.

Ключевые слова: возбудители инфекционных осложнений; микробиологический мониторинг; полирезистентные грамотрицательные бактерии; антибиотикорезистентные внутрибольничные штаммы; противоэпидемические мероприятия; ранение; специализированная медицинская помощь; этапы медицинской эвакуации.

Как цитировать:

Крюков Е.В., Головкин К.П., Маркевич В.Ю., Суборова Т.Н., Носов А.М., Хугаев Л.А., Мельникова Е.В., Сидельникова О.П. Характеристика антибиотикорезистентности возбудителей инфекционных осложнений у раненых // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2023. Т. 25, № 2. С. 193–202. DOI: <https://doi.org/10.17816/brmma207771>

DOI: <https://doi.org/10.17816/brmma207771>

Research article

CHARACTERISTICS OF ANTIBIOTIC RESISTANCE OF INFECTIOUS PATHOGENS IN THE WOUNDED

E.V. Kryukov, K.P. Golovko, V.Yu. Markevich, T.N. Suborova, A.M. Nosov, L.A. Khugaev, E.V. Melnikova, O.P. Sidelnikova

Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

ABSTRACT. This study examines the etiological structure and antibiotic resistance features of pathogens causing infectious complications in wounded patients receiving specialized medical care are considered. A total of 3845 clinical isolates were analyzed from wounded individuals admitted to a multidisciplinary hospital for treatment. The analysis revealed that polyresistant pathogens, namely, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Acinetobacter baumannii* were predominant among the isolated microorganisms. The prevalence of *Acinetobacter baumannii* varied based on the type of clinical material, with higher rates observed in wounds and respiratory, and urinary tract discharges. The polyresistant clinical isolates of *Acinetobacter baumannii* were sensitive to tigecycline and polymyxin, while *Klebsiella pneumoniae* and *Pseudomonas aeruginosa* were sensitive to polymyxin only. A comparison of the 2022 data with a previous study conducted in 2020 on wound discharges revealed a significant shift in the spectrum of pathogens causing wound infections. This shift involved an increase in the proportion of *Acinetobacter* spp., *Bacillus* spp., *Enterococcus* spp., *Pseudomonas aeruginosa*, and *Klebsiella pneumoniae*, as well as a decrease in the proportion of certain gram-negative bacteria, including *Proteus* spp. and *Escherichia coli*. Additionally, a notable five-fold reduction in the proportion of *Streptococcus* spp. and *Staphylococcus aureus* was observed. It is likely that early empirical therapy for combat wounds effectively prevents the development of wound infections associated with these pathogens. Bloodstream infections were primarily caused by coagulase-negative staphylococci (34.5%) and *Klebsiella pneumoniae* (27.8%). Notably, 80% of *Staphylococcus* spp. isolates were methicillin-resistant. The prolonged course of infectious complications associated with polyresistant strains and the challenges in selecting appropriate antibacterial therapy may contribute to the circulation of antibiotic-resistant nosocomial strains within the hospital environment. Therefore, it is crucial to increase the vigilance of the epidemiological service in addressing the high frequency of polyresistant pathogens to implement timely antiepidemic measures. Overall, these findings indicate the involvement of polyresistant gram-negative bacteria in the development of infectious complications during the inpatient treatment of wounded individuals.

Keywords: pathogens of infectious complications; microbiological monitoring; polyresistant gram-negative bacteria; antibiotic-resistant nosocomial strains; antiepidemic measures; injury; specialized medical care; stages of medical evacuation.

To cite this article:

Kryukov EV, Golovko KP, Markevich VYu, Suborova TN, Nosov AM, Khugaev LA, Melnikova EV, Sidelnikova OP. Characteristics of antibiotic resistance of infectious pathogens in the wounded. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2023;25(2):193–202. DOI: <https://doi.org/10.17816/brmma207771>

Received: 09.02.2023

Accepted: 06.05.2023

Published: 15.06.2023

ВВЕДЕНИЕ

Со времени окончания Второй мировой войны произошла значительная эволюция огнестрельного оружия и взрывных боеприпасов. Как следствие, увеличилось количество пострадавших с обширными повреждениями, возросла частота множественных и сочетанных ранений [1]. Самым частым и опасным осложнением боевых повреждений является хирургическая инфекция. Несмотря на совершенствование средств индивидуальной и коллективной защиты [2], использование антибиотиков широкого спектра действия и современных средств медицинской и хирургической помощи, раневые инфекции оказывают значительное влияние на лечение и исходы ранений [3–6].

Боевые ранения представляют собой наиболее сложный вид ранений, обусловленный неконтролируемым повреждением тканей различной и множественной локализации, подвергающим стерильные участки тела контаминации огромным количеством бактерий. Основой развития инфекционных осложнений боевых ранений является загрязнение во время травмы бактериями из состава собственной микробиоты или попавшими в рану из окружающей среды вместе с экзогенными агентами (пулями, фрагментами ткани, пылью, грязью, водой), либо из более поздних нозокомиальных источников [4, 7, 8]. На спектр этиологических агентов в контаминированных огнестрельных ранах влияет этиология раны, поврежденная область тела, временной интервал между ранением и первичной хирургической обработкой, климатические факторы, время года, географический район и санитарно-гигиенические условия [9].

Необходимость оказания медицинской помощи раненым в медицинских стационарах влечет за собой риск дополнительного инфицирования полирезистентными возбудителями внутрибольничных инфекций, роль которых в настоящее время приобрела особую значимость во всем мире. Резистентность к антибиотикам имеет огромное социально-экономическое значение и в развитых странах мира рассматривается как угроза национальной безопасности [10].

Разнообразие микроорганизмов современных боевых ран уникальное для каждого военного конфликта. Климатические и географические особенности театра военных действий, применение современных видов вооружения, а также способы лечения оказывают влияние на микрофлору ран [6, 9, 11, 12]. В случае инфекции рана не заживает, затраты на лечение ран становятся более ресурсоемкими. Факт смещения микрофлоры ран в пользу бактерий, ответственных за внутрибольничные инфекции, подтверждает предположение о внутрибольничной связи этих изменений [13–15].

Определение микроорганизмов, вызывающих раневую инфекцию и сопутствующие инфекционные осложнения, имеет первостепенное значение. Эта информация может

способствовать совершенствованию стратегии борьбы с инфекциями, осложняющими лечение боевых повреждений.

Цель исследования — выявить особенности этиологической структуры и антибиотикорезистентности возбудителей инфекционных осложнений у раненых на этапе оказания специализированной медицинской помощи.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проанализированы результаты бактериологического исследования проб раневого отделяемого, крови, мочи, а также образцов, отобранных при обследовании дыхательных путей и легких (мокрота, смыв из бронхов, бронхо-альвеолярный лаваж, отделяемое плевральной полости), полученных от раненых, находившихся с 01.03.2022 по 30.07.2022 на стационарном лечении в клиниках многопрофильного военно-медицинского стационара. Исследования выполнялись на базе бактериологического отделения центра клинической лабораторной диагностики Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова. Отбор образцов клинического материала и первичный посев проводили в соответствии с требованиями нормативных документов. Микроорганизмы были выделены из образцов клинического материала раненых: у 62,4 % — только из раневого отделяемого, у 22,6 % бактерии и микромицеты были выделены также из отделяемого дыхательных путей и (или) мочи, а у 15 % пациентов раневая инфекция сопровождалась положительными посевами крови. Для идентификации бактерий использовали масс-спектрометр BactoSCREEN фирмы «Литех» (Россия). Всего из образцов клинического материала было выделено 3845 штаммов микроорганизмов: 2217 (57,7 %) из раневого отделяемого, 993 (25,8 %) — из отделяемого дыхательных путей, 317 (8,2 %) — из крови и 318 (8,3 %) — из мочи.

Определение чувствительности клинических изолятов к антибиотикам проводили с помощью автоматического микробиологического анализатора Vitek-2 фирмы «bioMérieux» (Франция) или диско-диффузионным способом. Результаты оценивали на основании критериев интерпретации, представленных в отечественных рекомендациях 2021 г. [16]. Результаты исследования представлены относительными величинами частоты и распределения. Оценка значимости различия частотных показателей осуществлялась с помощью *t*-критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Возбудители инфекционных осложнений, выделенные у раненых из образцов клинического материала. Среди выделенных микроорганизмов 2487 (64,7 %) клинических изолятов относились к группе грамотрицательных бактерий (ГОБ), 1195 (31,1 %) — грамположительных

бактерий (ГПБ), а 163 (4,2 %) штамма — к микромицетам. Только среди изолятов, выделенных из крови, преобладали ГПБ, в остальных видах клинического материала лидировали ГОБ, доля которых составила 64,7 % в образцах раневого отделяемого, 69,2 % — мокроты и 73,6 % в пробах мочи. Лидировали наиболее распространенные в настоящее время ГОБ — возбудители внутрибольничных инфекций: *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii* и *Pseudomonas aeruginosa*, на долю которых пришлось более 50 % всех выделенных микроорганизмов.

В среднем от одного пациента с наличием микробного роста в раневом отделяемом было выделено одновременно или последовательно 3 штамма возбудителей раневой инфекции. Данный факт можно объяснить участием в развитии инфекционного осложнения ассоциаций бактерий, а также более длительным временем лечения раненых, получивших тяжелые ранения, в течение которого могла происходить смена микрофлоры [12–14, 17, 18].

Среди возбудителей раневой инфекции доля ГОБ составила 64,7 % (1436), ГПБ — 33,8 % (750), микромицет — 1,4 % (32). Наибольший удельный вес имели изоляты *K. pneumoniae* — 21,6 % (479), *Acinetobacter spp.* — 20,8 % (4618) и представители

родов *Pseudomonas* — 13,8 % (306), *Enterococcus* — 12,4 % (275), *Staphylococcus* — 9,6 % (214). У вновь поступающих раненых выделялись грамположительные спорообразующие палочки родов *Bacillus* или *Paenibacillus*, доля которых составила 7,3 % (162) (табл. 1).

При сопоставлении данных 2022 г. с результатами исследования раневого отделяемого, проведенного в 2020 г., выявлено изменение спектра клинических изолятов — возбудителей раневой инфекции. Установлено значимое увеличение доли *Acinetobacter spp.*, *Bacillus spp.*, *Enterococcus spp.*, *P. aeruginosa*, *K. pneumoniae* и сокращение доли ряда ГОБ, в том числе *Proteus spp.* и *Escherichia coli*, а также выраженное 4–5-кратное снижение доли *Streptococcus spp.* и *Staphylococcus aureus*. Вероятно, эмпирическая терапия боевых ранений на ранних этапах оказания медицинской помощи эффективно препятствует развитию раневых инфекций, связанных с данными возбудителями (табл. 2).

У 22,6 % раненых микроорганизмы были выделены из образцов отделяемого дыхательных путей и/или мочи. Как правило, это были пациенты отделений реанимации и интенсивной терапии, находящиеся в связи с тяжестью состояния в условиях искусственной вентиляции

Таблица 1. Спектр возбудителей инфекционных осложнений, выделенных из образцов клинического материала у раненых
Table 1. Spectrum of infectious complication causative agents isolated from clinical specimens taken from casualties

Род и вид возбудителя	Число изолятов, n = 3845		Раневое отделяемое, n = 2217		Мокрота, n = 993		Моча, n = 318		Кровь, n = 317	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	949	24,7	479	21,6	284	28,6	98	30,8	88	27,8
<i>Acinetobacter baumannii</i>	652	17,0	462	20,8	154	15,5	25	7,9	12	3,8
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	562	14,6	306	13,8	178	17,9	66	20,8	12	3,8
<i>Enterococcus faecalis</i>	197	5,1	157	7,1	12	1,2	17	5,3	11	3,5
<i>Bacillus spp.</i> , <i>Paenibacillus spp.</i>	170	4,4	162	7,3	7	0,7	0	0	1	0,3
<i>Enterococcus spp.</i>	167	4,3	118	5,3	13	1,3	20	6,3	16	5,0
<i>Candida spp.</i>	163	4,2	31	1,4	89	9,0	31	9,7	11	3,5
<i>Staphylococcus aureus</i>	137	3,6	93	4,2	34	3,4	1	0,3	8	2,5
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	122	3,2	51	2,3	9	0,9	6	1,9	55	17,4
<i>Escherichia coli</i>	110	2,9	84	3,8	11	1,1	9	2,8	6	1,9
<i>Streptococcus spp.</i>	106	2,8	13	0,6	86	8,7	2	0,6	4	1,3
<i>Staphylococcus haemolyticus</i>	85	2,2	29	1,3	8	0,8	5	1,6	43	13,6
<i>Corynebacterium spp.</i>	83	2,2	51	2,3	26	2,6	0	0	6	1,9
<i>Staphylococcus spp.</i>	71	1,8	40	1,8	4	0,4	2	0,6	26	8,2
Прочие ГОБ	70	1,8	31	1,4	32	3,2	4	1,3	4	1,3
<i>Enterobacter spp.</i>	65	1,7	51	2,3	8	0,8	6	1,9	1	0,3
<i>Proteus spp.</i>	59	1,5	24	1,1	9	0,9	25	7,9	1	0,3
Прочие ГПБ	57	1,5	33	1,5	18	1,8	0	0	6	1,9
<i>Burkholderia spp.</i>	20	0,5	2	0,1	11	1,1	1	0,3	6	1,9

легких и имеющие установленный мочевого катетер. С учетом повторных исследований из образцов отделяемого дыхательных путей (мокрота, смыв из бронхов, бронхо-альвеолярный лаваж, отделяемое плевральной полости и т. д.) выделено 993 штамма бактерий и микромицет, среди которых доля ГОБ составила 69,2 % (687), ГПБ — 21,9 % (217), микромицет — 9 % (89). Наибольший удельный вес имели изоляты *K. pneumoniae* (28,6 %), *Pseudomonas spp.* (17,9 %) и *Acinetobacter spp.* (15,5 %). За тот же период из образцов мочи было выделено 318 штаммов бактерий и микромицет. Среди них доля ГОБ превысила показатель для дыхательных путей и составила 73,6 % (234), ГПБ — 16,7 % (53), микромицет — 9,7 % (31). Наибольший удельный вес, как и при инфекциях дыхательных путей, имели изоляты *K. pneumoniae* (30,8 %), *Pseudomonas spp.* (20,8 %) и *Acinetobacter spp.* (7,9 %) (см. табл. 1). Эти особенности спектра можно объяснить присоединением возбудителей внутрибольничных инфекций [6, 18].

У 15 % пациентов раневая инфекция сопровождалась бактериемией. С учетом повторных исследований из образцов крови было выделено 317 штаммов бактерий, среди них доля ГОБ составила 41 % (130), ГПБ — 55,5 % (176), микромицет — 3,5 % (11). Наибольший удельный вес имели изоляты *K. pneumoniae* (27,8 %), *S. epidermidis* (17,4 %) и *S. haemolyticus* (13,6 %). При этом не удалось выявить значимых отличий в частоте выделения ведущих возбудителей инфекции кровотока в 2022 г. по сравнению с 2020 г., за исключением более частого выделения коагулазонегативных стафилококков и более редкого — *A. baumannii* и *E. Faecalis* (табл. 3).

Чувствительность к антибиотикам клинических изолятов ГОБ. Вне зависимости от источника выделения чувствительность клинических изолятов *Acinetobacter spp.* к ципрофлоксацину не превышала 10 %, а к ампициллину/сульбактаму, цефалоспорином 3–4-го поколений, аминогликозидам, карбапенемам

Таблица 2. Изменение спектра возбудителей раневой инфекции в 2022 г. по сравнению с данными 2020 г., %

Table 2. Variation in the spectrum of infectious complication causative agents found in 2022, compared to data of 2020 (in %)

Род и вид возбудителя	2020 г., n = 2490	2022 г., n = 2217	p =
<i>Acinetobacter spp.</i>	6	20,8	0,001
<i>Bacillus spp.</i>	0,4	7,3	0,001
<i>Enterococcus spp.</i>	2,2	5,3	0,001
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	9,5	13,8	0,001
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	16,5	21,6	0,001
<i>Enterococcus faecalis</i>	4,8	7,1	0,001
<i>Enterobacter spp.</i>	1,2	2,3	0,004
<i>Corynebacterium spp.</i>	2,3	2,3	1,0
Прочие ГПБ	1,8	1,5	0,421
<i>Candida spp.</i>	1,9	1,4	0,181
<i>Proteus spp.</i>	2,4	1,1	0,001
<i>Escherichia coli</i>	7,3	3,8	0,001
<i>Staphylococcus spp.</i>	11,9	5,4	0,001
<i>Streptococcus spp.</i>	5,2	0,6	0,001
Прочие ГОБ	7,4	1,5	0,001
<i>Staphylococcus aureus</i>	19,2	4,2	0,001

Таблица 3. Изменение спектра возбудителей инфекции кровотока в 2020–2022 гг., %

Table 3. Variation in the spectrum of bloodstream infection agents in 2020–2022 (in %)

Род и вид возбудителя	2020, n = 558	2022, n = 317	p =
<i>Staphylococcus spp.</i>	25,6	39,1	0,001
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	26	27,8	0,562
<i>Acinetobacter baumannii</i>	7,9	3,8	0,017
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2,9	3,8	0,469
<i>Staphylococcus aureus</i>	4,5	2,5	0,136
<i>Enterococcus faecalis</i>	7,5	3,5	0,017
<i>Candida spp.</i>	4,7	3,5	0,398
Прочие	20,9	16	0,076

и триметоприму/сульфаметоксазолу — 20–30 %. Только тигециклин и полимиксин сохраняли 70–90 % активность (рис. 1).

Штаммы *K. pneumoniae* были устойчивы к цефалоспорином 3–4-го поколений, ципрофлоксацину, фосфомицину. 25–30 % активность сохраняли аминогликозиды, карбапенемы, триметоприм/сульфаметоксазол. Чувствительность к тигециклину превысила 40 % только для штаммов, выделенных из ран и крови. Изоляты сохраняли 90 % чувствительность только к полимиксину (рис. 2).

Устойчивость синегнойной палочки, вне зависимости от вида клинического материала, носила экстремальный характер. Чувствительность ко всем исследованным антибиотикам изолятов *P. aeruginosa* не превышала 20 %. Эффективным против нее был только полимиксин (рис. 3).

Золотистые стафилококки, выделенные из крови, были чувствительны практически ко всем исследованным антибиотикам, за исключением пенициллина. Это указывает на внебольничный характер заражения.

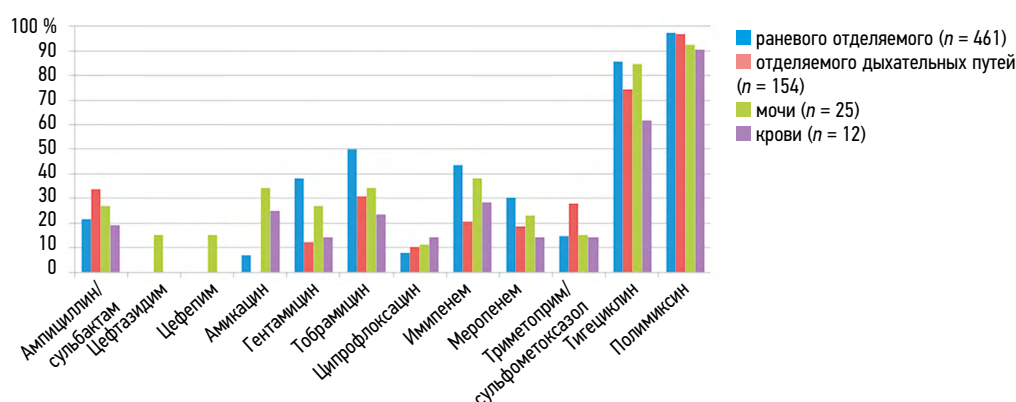


Рис. 1. Чувствительность к антибиотикам клинических изолятов *Acinetobacter spp.*, выделенных из образцов клинического материала
Fig. 1. Antibiotic sensitivity of clinical isolates *Acinetobacter spp.* isolated from clinical specimens

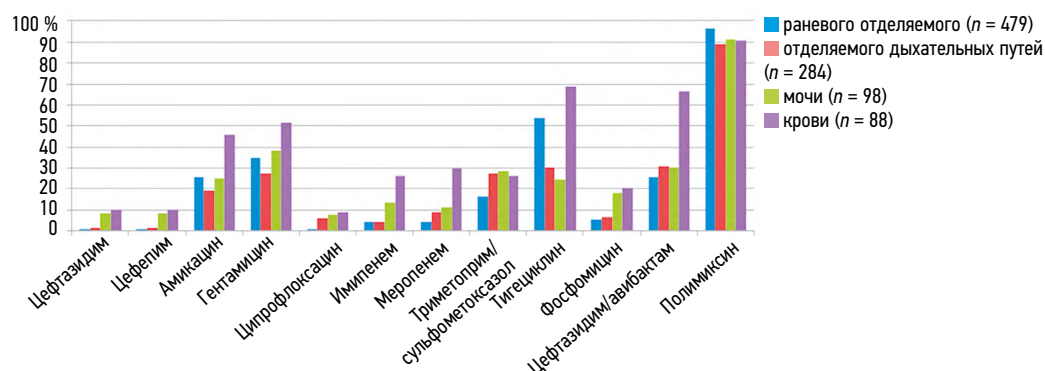


Рис. 2. Чувствительность к антибиотикам клинических изолятов *K. pneumoniae*, выделенных из образцов клинического материала
Fig. 2. Antibiotic sensitivity of clinical isolates *K. pneumoniae* isolated from clinical specimens

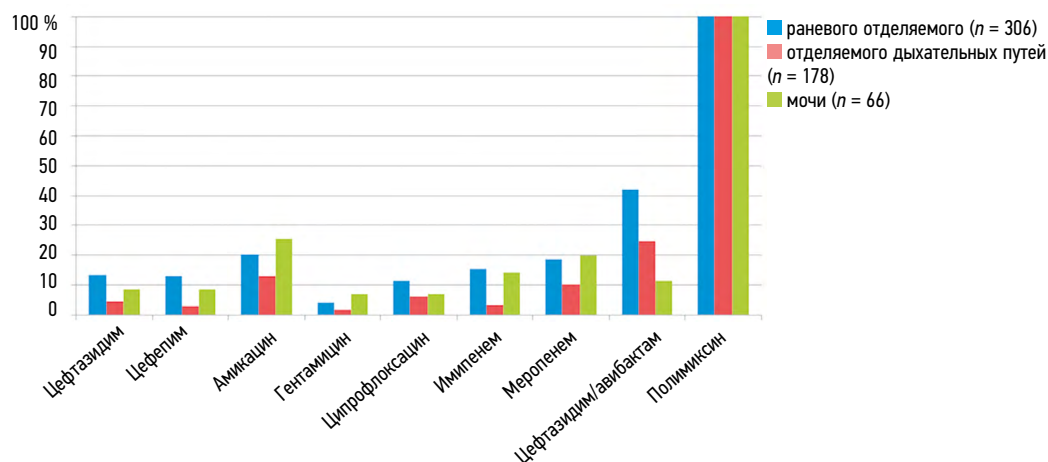


Рис. 3. Чувствительность к антибиотикам клинических изолятов *P. aeruginosa*, выделенных из образцов клинического материала
Fig. 3. Antibiotic sensitivity of clinical isolates *P. aeruginosa* isolated from clinical specimens

Коагулазоотрицательные *Staphylococcus spp.*, среди которых преобладали *S. epidermidis* и *S. haemolyticus*, были значительно более устойчивыми. Так, доля метициллин-резистентных составила 80 %, чувствительными к фторхинолонам были только около 20 % изолятов, гентамицину и клиндамицину — 35 %. Все исследованные штаммы стафилококков были чувствительны к тигециклину, ванкомицину, линезолиду. Клинические изоляты энтерококков, выделенных из крови, также были устойчивыми к фторхинолонам: только 17 % из них сохранили чувствительность к препаратам этой группы. Чувствительность к ванкомицину и линезолиду составила 90 %, тигециклину — 100 %.

Таким образом, исследование спектра и чувствительности к антимикробным препаратам микрофлоры, выделенной из ран, отделяемого дыхательных и мочевыводящих путей, крови раненых на этапе стационарного лечения позволило выявить ведущую роль полирезистентных грамотрицательных бактерий. Установлена лидирующая роль *K. pneumoniae* в развитии септических осложнений.

Несмотря на то, что способы лечения человечество начало разрабатывать почти одновременно с появлением оружия, необходимость в поиске новых лекарственных средств и принципов терапии инфицированных ран сопровождает все военные конфликты. Причиной неудач в лечении являются биологические свойства возбудителей инфекционных осложнений и их изменение или адаптация к новым химиопрепаратам или способам лечебного воздействия. Устойчивость возбудителей к антибиотикам приводит к длительному течению осложнений и многократным повторным посевам одного и того же возбудителя, что указывает на сложность подбора рациональной антибактериальной терапии [8, 10, 19].

Состав микрофлоры боевых ран постоянно изменяется. Так, во время Первой мировой войны ведущим возбудителем раневых инфекций были бактерии рода *Clostridium*, Второй мировой войны — стрептококки и *S. aureus*. Разработка новых способов лечения, в том числе с применением антисептиков и антибиотиков, привела к снижению этиологической роли этих возбудителей, но им на смену в период войн в Корее, Вьетнаме, Ираке, Кувейте и Афганистане пришли грамотрицательные бактерии с преобладанием *Acinetobacter baumannii* [18–22]. Главной особенностью этих изолятов была множественная устойчивость к антибиотикам. Важным наблюдением со времен Второй мировой войны стало научное обоснование факта нозокомиальной передачи микроорганизмов и участие в этом процессе медицинского персонала: количество выделенных грамотрицательных палочек возросло со временем, истекающим с момента ранения, то есть происходило изменение спектра микроорганизмов в процессе лечения [8, 11, 14, 15].

Одним из факторов распространения резистентных бактерий среди раненых является длительность и многоэтапность эвакуации. При этом системы лечения раненых «на месте», дренажная система, система рассейвания

раненых и больных и система этапного лечения с эвакуацией по назначению могут существовать параллельно и использоваться в зависимости от конкретных условий боевой обстановки [23], но мероприятия, направленные на профилактику инфекционных осложнений, следует начинать с момента получения ранения или поступления раненого в стационар [4, 17, 24]. Внутрибольничная микрофлора стационара во многом определяет тяжесть течения раневого процесса, поэтому определение микроорганизмов, вызывающих раневую инфекцию и сопутствующие инфекционные осложнения, имеет первостепенное значение. Данные о микробном пейзаже ран на протяжении их лечения необходимы для определения тактики антибактериальной терапии и мероприятий инфекционного контроля в лечебных учреждениях. Эта информация может способствовать совершенствованию стратегии борьбы с инфекциями, осложняющими лечение боевых повреждений.

ВЫВОДЫ

1. Среди 3845 микроорганизмов, полученных от поступивших раненых, наиболее часто определялись 3 грамотрицательных возбудителя внутрибольничных инфекций: *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii* и *Pseudomonas aeruginosa*, на долю которых пришлось более 50 % всех выделенных микроорганизмов. Данные бактерии преобладали в спектре микроорганизмов, выделенных из ран, а также отделяемого дыхательных и мочевыводящих путей. Полирезистентные клинические изоляты *A. baumannii* были чувствительны только к тигециклину и полимиксину, *K. pneumoniae* и *P. aeruginosa* — только к полимиксину.

2. Установлено выраженное сокращение доли *Proteus spp.* и *Escherichia coli*, а также *Streptococcus spp.* и *Staphylococcus aureus* в спектре возбудителей раневой инфекции в сравнении с данными мирного времени. Вероятно, антибактериальная профилактика инфекционных осложнений на ранних этапах оказания медицинской помощи эффективно препятствует развитию раневых инфекций, связанных с данными возбудителями. В то же время отмечено увеличение доли *Acinetobacter spp.*, *Bacillus spp.*, *Enterococcus spp.*, *P. aeruginosa*, *K. pneumoniae*.

3. Среди возбудителей инфекции кровотока лидировали коагулазоотрицательные стафилококки (34,5 %) и *K. pneumoniae* с показателем 27,8 %. При этом доля метициллин-резистентных *Staphylococcus spp.* составила 80 %.

4. Длительное течение инфекционных осложнений, связанных с полирезистентными штаммами возбудителей, сложность подбора рациональной антибактериальной терапии могут поддерживать циркуляцию антибиотикорезистентных внутрибольничных штаммов в госпитальной среде. Необходимо усиление внимания эпидемиологической службы к проблеме высокой частоты выделения полирезистентных возбудителей для своевременного проведения противозидемических мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Денисов А.В., Бадалов В.И., Крайнюков П.Е., и др. Структура и характер современной боевой хирургической травмы // Военно-медицинский журнал. 2021. Т. 342, № 9. С. 12–20. DOI: 10.52424/00269050_2021_342_9_12
2. Денисов А.В., Крайнюков П.Е., Логаткин С.М., и др. Огнестрельные ранения груди и живота при использовании современных бронежилетов // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2020. Т. 22, № 2. С. 115–121. DOI: 10.17816/brmma50056
3. Кузин М.И., Костюченко Б.М., Карлов В.А., и др. Раны и раневая инфекция. Москва: Медицина, 1981. 688 с.
4. Glick Y., Furer A., Glick K., et al. The Israeli defense forces point of injury antimicrobial treatment protocol – a new protocol and review of the literature // *Mil Med.* 2019. Vol. 184, No. S1. P. 78–82. DOI: 10.1093/milmed/usy292
5. Tribble D.R. IDCRP Trauma-Related Infection Research // *Mil Med.* 2022. Vol. 187, No. S2. P. 2–6. DOI: 10.1093/milmed/usab508
6. Saeed O., Tribble D.R., Biever K.A., et al. Infection Prevention in Combat-Related Injuries // *Mil Med.* 2018. Vol. 183, No. S2. P. 137–141. DOI: 10.1093/milmed/usy077
7. Murray C.K., Roop S.A., Hospenthal D.R., et al. Bacteriology of war wounds at the time of injury // *Mil Med.* 2006. Vol. 171, No. 9. P. 826–829. DOI: 10.7205/milmed.171.9.826
8. Бесчастнов В.В. Особенности лечения боевой травмы конечностей у военнослужащих блока НАТО в период вооруженных конфликтов на территории Ирака и Афганистана (обзор литературы) // Раны и раневые инфекции. Журнал им. проф. Б.М. Костюченка. 2021. Т. 8, № 3. С. 8–12. DOI: 10.25199/2408-9613-2021-8-3-6-10
9. Kucisec-Tepes N., Bejuk D., Kosuta D. Characteristics of war wound infection // *Acta Med Croatica.* 2006. Vol. 60, No. 4. P. 353–363.
10. Белобородов В.Б., Голощапов О.В., Гусаров В.Г., и др. Методические рекомендации Российской некоммерческой общественной организации «Ассоциация анестезиологов-реаниматологов», Межрегиональной общественной организации «Альянс клинических химиотерапевтов и микробиологов», Межрегиональной ассоциации по клинической микробиологии и антимикробной химиотерапии (МАКМАХ), общественной организации «Российский Сепсис Форум» «Диагностика и антимикробная терапия инфекций, вызванных полирезистентными штаммами микроорганизмов» (обновление 2022 г.) // Вестник анестезиологии и реаниматологии. 2022. Т. 19, № 2. С. 84–114. DOI: 10.21292/2078-5658-2022-19-2-84-114
11. Murray C.K., Hinkle M.K., Yun H.C. History of infections associated with combat-related injuries // *J Trauma: Injury Infect Crit Care.* 2008. Vol. 64, No. 3. P. 221–231. DOI: 10.1097/ta.0b013e318163c40b
12. Аль-Нозейли Халед Али, Голубев Г.Ш., Голубев В.Г. Микрофлора огнестрельных ран: влияние на исход лечения // Гений Ортопедии. 2010. № 2. С. 60–65.
13. Кондратюк В.М. Характеристика антибиотикорезистентности микрофлоры боевых (вогнепальних та мінно-вибухових) ран кінцівок // *Клінічна хірургія.* 2016. № 4. С. 50–53.
14. Kovalchuk P.V., Kondratiuk M.V. Bacterial flora of combat wounds from eastern Ukraine and time-specified changes of bacterial recovery during treatment in Ukrainian military hospital // *BMC Res Notes.* 2017. Vol. 10. ID 152. DOI: 10.1186/s13104-017-2481-4
15. Оприщенко А.А., Шутин А.А., Кравченко А.В., и др. Особенности микробного пейзажа огнестрельных ран конечностей // Университетская клиника. 2018. № 1. С. 72–76. DOI: 10.26435/uc.v0i1(26).142
16. Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам. Версия 2021-01. Рекомендации Межрегиональной ассоциации по клинической микробиологии и антимикробной химиотерапии МАКМАХ. 2021. 222 с.
17. Свистунов С.А., Кузин А.А., Суборова Т.Н., Куликов П.В. Особенности и направления профилактики инфекций на этапе оказания специализированной медицинской помощи // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2019. № 3. С. 174–177.
18. Mende K., Akers K.S., Tyner S.D., et al. Multidrug-resistant and virulent organisms trauma infections: trauma infectious disease outcomes study initiative // *Mil Med.* 2022. Vol. 187, No. S2. P. 42–51. DOI: 10.1093/milmed/usab131
19. Scott P.T., Petersen K., Fishbain J., et al. *Acinetobacter baumannii* infections among patients at military medical facilities treating injured U.S. Service members, 2002–2004 // *JAMA.* 2004. Vol. 292, No. 24. P. 2964–2966. DOI: 10.1001/jama.292.24.2964
20. Кондратюк В.М. Мікробіологічна характеристика інфекційних ускладнень бойових поранень в різних збройних конфліктах // Український журнал медицини, біології та спорту. 2018. Т. 3, № 7. С. 219–226. DOI: 10.26693/jmbs03.07.219
21. Murray C.K. Epidemiology of infections associated with combat-related injuries in Iraq and Afghanistan // *J Trauma: Injury Infect Crit Care.* 2008. Vol. 64, No. 3. P. 232–238. DOI: 10.1097/ta.0b013e318163c3f5
22. Tribble D.R., Spott M.A., Shackleford S.A., et al. Department of defense trauma registry infectious disease module impact on clinical practice // *Mil Med.* 2022. Vol. 187, No. S2. P. 7–16. DOI: 10.1093/milmed/usac050
23. Кульнев С.В., Котив Б.Н., Крючков О.А., Мавренков Э.М. Развитие систем оказания медицинской помощи раненым, больным и пострадавшим в военных конфликтах прошлого и настоящего // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2018. Т. 20, № 4. С. 174–180. DOI: 10.17816/brmma12344
24. Котив Б.Н., Самохвалов И.М., Маркевич В.Ю., и др. Профилактика и лечение инфекционных осложнений проникающих ранений груди // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2018. Т. 20, № 4. С. 22–25. DOI: 10.17816/brmma12240

REFERENCES

1. Denisov AV, Badalov VI, Krainyukov PE, et al. The structure and nature of modern combat surgical trauma. *Russian military medical journal*. 2021;342(9):12–20. (In Russ.). DOI: 10.52424/00269050_2021_342_9_12
2. Denisov AV, Krainyukov PE, Logatkin SM, et al. Gunshot wounds to the chest and abdomen when using modern body armor. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2020;22(2):115–121. (In Russ.). DOI: 10.17816/brmma50056
3. Kuzin MI, Kostyuchenok BM, Karlov VA, et al. *Rany i ranevaya infektsiya*. Moscow: Meditsina, 1981. 688 p. (In Russ.).
4. Glick Y, Furer A, Glick K, et al. The Israeli defense forces point of injury antimicrobial treatment protocol – a new protocol and review of the literature. *Mil Med*. 2019;184(S1):78–82. DOI: 10.1093/milmed/usy292
5. Tribble DR. IDCRP Trauma-Related Infection Research. *Mil Med*. 2022;187(S2):2–6. DOI: 10.1093/milmed/usab508
6. Saeed O, Tribble DR, Biever KA, et al. Infection Prevention in Combat-Related Injuries. *Mil Med*. 2018;183(S2):137–141. DOI: 10.1093/milmed/usy077
7. Murray CK, Roop SA, Hospenthal DR, et al. Bacteriology of war wounds at the time of injury. *Mil Med*. 2006;171(9):826–829. DOI: 10.7205/milmed.171.9.826
8. Beschastnov VV. Features of NATO's soldiers limbs combat trauma treatment during armed conflicts on the territory of Iraq and Afghanistan (literature review). *Wounds and wound infections. The prof. B.M. Kostyuchenok journal*. 2021;8(3):8–12. (In Russ.). DOI: 10.25199/2408-9613-2021-8-3-6-10
9. Kucisec-Tepes N, Bejuk D, Kosuta D. Characteristics of war wound infection. *Acta Med Croatica*. 2006;60(4):353–363.
10. Beloborodov VB, Goloschapov OV, Gusarov VG, et al. Guidelines of the Association of Anesthesiologists-Intensivists, the Interregional Non-Governmental Organization Alliance of Clinical Chemotherapists and Microbiologists, the Interregional Association for Clinical Microbiology and Antimicrobial Chemotherapy (IACMAC), and NGO Russian Sepsis Forum "Diagnostics and antimicrobial therapy of the infections caused by multiresistant microorganisms" (update 2022). *Messenger of anesthesiology and resuscitation*. 2022;19(2):84–114. (In Russ.). DOI: 10.21292/2078-5658-2022-19-2-84-114
11. Murray CK, Hinkle MK, Yun HC. History of infections associated with combat-related injuries. *J Trauma: Injury Infect Crit Care*. 2008;64(3):221–231. DOI:10.1097/ta.0b013e318163c40b
12. Al-Nozeili KhA, Golubev GSh, Golubev VG. Gunshot wound microflora: the influence on clinical outcomes. *Orthopaedic Genius*. 2010;(2):60–65. (In Russ.).
13. Kondratyuk VM. Characteristics of antibioticoresistance of microflora in a combat (the gun shot and the mine explosion) wounds of the extremities. *Klinicheskaia khirurgiia*. 2016;(4):50–53. (In Ukraine).
14. Kovalchuk PV, Kondratiuk MV. Bacterial flora of combat wounds from eastern Ukraine and time-specified changes of bacterial recovery during treatment in Ukrainian military hospital. *BMC Res Notes*. 2017;10:152. DOI: 10.1186/s13104-017-2481-4
15. Oprishchenko AA, Shtutin AA, Kravchenko AV, et al. Peculiarities of microbial landscape of gunshot injuries of extremities. *University Clinic*. 2018;(1):72–76. (In Russ.). DOI: 10.26435/uc.v0i1(26).142
16. *Opređenje chuvstvitel'nosti mikroorganizmov k antimikrobnym preparatam. Versiya 2021-01. Rekomendatsii Mezhregional'noi asotsiatsii po klinicheskoi mikrobiologii i antimikrobnoi khimioterapii MAKMAKH*. 2021. 222 p.
17. Svistunov SA, Kuzin AA, Suborova TN, et al. Features and directions for the prevention of health care-associated infections at the stage of specialized medical care. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2019;(3):174–177. (In Russ.).
18. Mende K, Akers KS, Tyner SD, et al. Multidrug-resistant and virulent organisms trauma infections: trauma infectious disease outcomes study initiative. *Mil Med*. 2022;187(S2):42–51. DOI: 10.1093/milmed/usab131
19. Scott PT, Petersen K, Fishbain J, et al. *Acinetobacter baumannii* infections among patients at military medical facilities treating injured U.S. Service members, 2002–2004. *JAMA*. 2004;292(24):2964–2966. DOI: 10.1001/jama.292.24.2964
20. Kondratyuk VM. Microbiological characteristic of infectious complications of war wounds in various armed conflicts. *Ukrainian Journal of Medicine, Biology and Sport*. 2018;3(7):219–226. (In Ukraine) DOI: 10.26693/jmbs03.07.219
21. Murray CK. Epidemiology of infections associated with combat-related injuries in Iraq and Afghanistan. *J Trauma: Injury Infect Crit Care*. 2008;64(3):232–238. DOI: 10.1097/ta.0b013e318163c3f5
22. Tribble DR, Spott MA, Shackelford SA, et al. Department of defense trauma registry infectious disease module impact on clinical practice. *Mil Med*. 2022;187(S2):7–16. DOI: 10.1093/milmed/usac050
23. Kul'nev SV, Kotiv BN, Kriuchkov OA, Mavrenkov EM. Development of medical care for the wounded, sick and injured in military conflicts of the past and present. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2018;20(4):174–180. (In Russ.). DOI: 10.17816/brmma12344
24. Kotiv BN, Samokhvalov IM, Markevich VY, et al. Prevention and treatment of infectious complications of penetrating thoracic injuries. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2018;20(4):22–25. (In Russ.). DOI: 10.17816/brmma12240

ОБ АВТОРАХ

***Леонард Аликович Хугаев**, адъюнкт;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8763-6121>;

Researcher ID: HLW-9930-2023; eLibRARY SPIN: 9337-2360;

e-mail: koxar@rambler.ru

Евгений Владимирович Крюков, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8396-1936>;

Scopus Author ID: 57208311867;

Researcher ID: AAO-9491-2020; eLibRARY SPIN: 3900-3441

Константин Петрович Головкин, д-р мед. наук, доцент;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1584-1748>;

Researcher ID: C-6865-2017; eLibRARY SPIN: 2299-6153

Виталий Юрьевич Маркевич, канд. мед. наук, доцент;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3792-1466>;

Researcher ID: I-2913-2017; eLibRARY SPIN: 5652-4935

Татьяна Николаевна Суборова, д-р биол. наук;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6783-1920>;

Scopus Author ID: 23499763100; Researcher ID: J-2267-2016;

eLibRARY SPIN: 9771-5906; e-mail: microbiologma@list.ru

Артём Михайлович Носов, канд. мед. наук;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9977-6543>;

Scopus Author ID: 57205363253; Researcher ID: AAY-8133-2021;

eLibRARY SPIN: 7386-3225

Елена Владимировна Мельникова, преподаватель;

Researcher ID: HMP-7219-2023; eLibRARY SPIN: 7694-1409;

e-mail: emel3@mail.ru

Ольга Павловна Сидельникова, лаборант;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9683-9334>;

Researcher ID: K-2604-2016; eLibRARY SPIN: 4497-9602;

e-mail: o-sidelnikova@yandex.ru

AUTHORS INFO

***Leonard A. Khugaev**, adjunct;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8763-6121>;

Researcher ID: HLW-9930-2023; eLibRARY SPIN: 9337-2360;

e-mail: koxar@rambler.ru

Evgeniy V. Kryukov, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8396-1936>;

Scopus Author ID 57208311867; Researcher ID: AAO-9491-2020;

eLibRARY SPIN: 3900-3441

Konstantin P. Golovko, MD, Dr. Sci. (Med.), associate professor;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1584-1748>;

Researcher ID: C-6865-2017; eLibRARY SPIN: 2299-6153

Vitaly Yu. Markevich, MD, Cand. Sci. (Med.), associate professor;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3792-1466>;

Researcher ID: I-2913-2017; eLibRARY SPIN: 5652-4935

Tatyana N. Suborova, MD, Dr. Sci. (Biol.);

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6783-1920>;

Scopus Author ID: 23499763100; Researcher ID: J-2267-2016;

eLibRARY SPIN: 9771-5906; e-mail: microbiologma@list.ru

Artem M. Nosov, MD, Cand. Sci. (Med.);

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9977-6543>;

Scopus Author ID: 57205363253; Researcher ID: AAY-8133-2021;

eLibRARY SPIN: 7386-3225

Elena V. Melnikova, teacher; Researcher ID: HMP-7219-2023;

eLibRARY SPIN: 7694-1409; e-mail: emel3@mail.ru

Olga P. Sidelnikova, laboratory assistant;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9683-9334>;

Researcher ID: K-2604-2016; eLibRARY SPIN: 4497-9602;

e-mail: o-sidelnikova@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author