



ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР МОРСКОЙ КОЛЛЕГИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Научно-практический
рецензируемый журнал

ISSN 2413-5747 (print)

ISSN 2587-7828 (online)

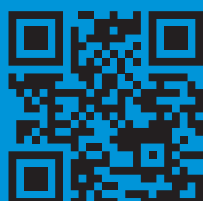
Морская Медицина

Marine Medicine

Том 13

2026

№ 3



ВЫБОР РЕДАКЦИИ

СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД
НА ИММУНОПАТОГЕНЕЗ
И ДИАГНОСТИКУ
ПАРАЗИТАРНЫХ ИНВАЗИЙ

Москалев А. В., Апчел В. Я., Апчел А. В.

стр. 7–17

МНОГОФАКТОРНОЕ ВЛИЯНИЕ
ДЕФИЦИТА ВИТАМИНА D
НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ
ПРОЦЕССЫ

Дискаленко О. В., Изотова А. Б., Кучмин А. Н.,
Левченко З. А., Ятмавов А. Н.

стр. 18–29

Научно-практический рецензируемый журнал Морская медицина

Главный редактор:

Мосягин Игорь Геннадьевич

*доктор медицинских наук, профессор, начальник военно-медицинского управления
Военно-Морского Флота, Санкт-Петербург, Россия*

Заместитель главного редактора:

Закревский Юрий Николаевич

*доктор медицинских наук, действительный член РАЕН,
Мурманский арктический университет, г. Мурманск, Россия*

Заместитель главного редактора по научной работе:

Грабский Юрий Валентинович

*кандидат медицинских наук, НИИ промышленной и морской медицины ФМБА России,
Санкт-Петербург, Россия*

Выпускающий редактор:

Симакина Ольга Евгеньевна

кандидат биологических наук, "Издательство "Наука", Москва, Россия

Ответственный секретарь:

Ятманов Алексей Николаевич

*кандидат медицинских наук,
40 Государственный научно-исследовательский институт Минобороны России,
Санкт-Петербург, Россия*

Подписной индекс: «Книга-Сервис» (Пресса России) E45066

Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций
Номер свидетельства: ПИ № ФС 77-73710 от 05.10.2018 г.

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных журналов ВАК для опубликования основных научных результатов диссертаций, единый государственный перечень научных изданий (ЕГПИ), международную справочную систему по периодическим и продолжающимся изданиям Ulrich's Periodical Directory, базы данных Global Health, CAB Abstracts, Google Scholar, EBSCO, Baidu (百度), реферативный журнал и базу данных ВИНТИ, Российский индекс научного цитирования, КиберЛенинка, Dimensions, Соционет, Российская государственная библиотека

Key title: Morskaya medicina

Abbreviated key title: Morsk. med.

Учредитель: Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
«Научно-исследовательский институт
промышленной и морской медицины
федерального медико-биологического
агентства»

Сайт: <http://seamed.elpub.ru>

e-mail: marinemedicine@yandex.ru



Том 12
2026 No 3

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ

Баринов В.А. (Санкт-Петербург, Россия),
Беляков Н.А. (Санкт-Петербург, Россия),
Бессмельцев С.С. (Санкт-Петербург, Россия),
Бойко Э.В. (Санкт-Петербург, Россия),
Бузинов Р.В. (Санкт-Петербург, Россия),
Гребнев Г.А. (Санкт-Петербург, Россия),
Грицаев С.В. (Санкт-Петербург, Россия),
Гудков А.Б. (г. Архангельск, Россия),
Давид Лукас (г. Брест, Франция),
Дворянчиков В.В. (Санкт-Петербург, Россия),
Димитър Ставрев (г. Варна, Болгария),
Дон Элисео Лусеро Присно III
(г. Сучжоу, Китай),
Жданов К.В. (Санкт-Петербург, Россия),
Иванова Н.В. (г. Симферополь, Россия),
Иванов А.О. (Санкт-Петербург, Россия),
Ивануса С.Я. (Санкт-Петербург),
Иорданишвили А.К. (Санкт-Петербург, Россия),
Ковлен Д.В. (Санкт-Петербург, Россия),
Коган И.Ю. (Санкт-Петербург, Россия),
Котив Б.Н. (Санкт-Петербург, Россия),
Крутиков Е.С. (г. Симферополь, Россия),
Крюков Е.В. (Санкт-Петербург, Россия),
Кузнецов А.Н. (г. Ханой, Вьетнам),
Куликов А.Н. (Санкт-Петербург, Россия),
Литвиненко И.В. (Санкт-Петербург, Россия),
Лобзин Ю.В. (Санкт-Петербург),
Мануковский В.А. (Санкт-Петербург, Россия),

Марченко А.А. (Санкт-Петербург, Россия),
Мирошниченко Ю.В. (Санкт-Петербург, Россия),
М. Луиза Каналс Пол-Лина (г. Кадис, Испания),
Мясников А.А. (Санкт-Петербург, Россия),
Нгуен Труонг Сонг (г. Хайфонг, Вьетнам),
Оковитый С.В. (Санкт-Петербург, Россия),
Парцерняк С.А. (Санкт-Петербург, Россия),
Педро Ногеролес Алонсо Де Ла Сьерра (Испания),
Петреев И.В. (Санкт-Петербург, Россия),
Пономаренко Г.Н. (Санкт-Петербург, Россия),
Попова О.Н. (г. Архангельск, Россия),
Протоцак В.В. (Санкт-Петербург, Россия),
Рассохин В.В. (Санкт-Петербург, Россия),
Рейнюк В.Л. (Санкт-Петербург, Россия),
Рогожников В.А. (Москва, Россия),
Савелло А.В. (Санкт-Петербург, Россия),
да Сильва Мария Родригес (г. Варгас, Венесуэла),
Симбирцев А.С. (Санкт-Петербург, Россия),
Соловьев И.А. (Санкт-Петербург, Россия),
Тарик Гальян (г. Танжер, Марокко),
Хоминец В.В. (Санкт-Петербург, Россия),
Черкашин Д.В. (Санкт-Петербург, Россия),
Шамрей В.К. (Санкт-Петербург, Россия),
Шпиленя Е.С. (Санкт-Петербург, Россия),
Щеголев А.В. (Санкт-Петербург, Россия),
Щербук А.Ю. (Санкт-Петербург, Россия),
Эргашев О.Н. (Санкт-Петербург, Россия)
Яковлева Т.В. (Москва, Россия).

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

Азаров И.И. (Москва, Россия),
Абасова Г.Б. (г. Шымкент, Казахстан),
Алексанин С.С. (Санкт-Петербург, Россия),
Ахвердова О.А. (г. Пятигорск, Россия),
Багненко С.Ф. (Санкт-Петербург, Россия),
Базарный В.В. (г. Екатеринбург, Россия),
Баранов А.Н. (г. Архангельск, Россия),
Барачевский Ю.Е. (г. Архангельск, Россия),
Брижань Л.К. (Москва, Россия),
Боев И.В. (г. Ставрополь, Россия),
Бухтияров И.В. (Москва, Россия),
Вальков М.Ю. (г. Архангельск, Россия),
Давыдов Д.В. (Москва, Россия),
Денисенко И.В. (Москва, Россия),
Евстафьева Е.В. (г. Ялта, Россия),
Зайцев А.А. (Москва, Россия),
Иванов А.М. (Санкт-Петербург, Россия),
Ичитовкина Е.Г. (Москва, Россия),
Казакевич Е.В. (г. Архангельск, Россия),
Казаков С.П. (Москва, Россия),
Киров М.Ю. (г. Архангельск, Россия),

Куроедов А.В. (Москва, Россия),
Маркелов Ю.М. (г. Петрозаводск, Россия),
Марьяндышев А.О. (г. Архангельск, Россия),
Новикова И.А. (г. Архангельск, Россия),
Овчинников Ю.В. (Москва, Россия),
Оправин А.С. (г. Архангельск, Россия),
Петрухин В.А. (Москва, Россия),
Плутницкий А.Н. (Москва, Россия),
Пономарев В.В. (Минск, Беларусь),
Попова А.Ю. (Москва, Россия),
Попов В.В. (г. Архангельск, Россия),
Разумов А.Н. (Москва, Россия),
Ракишева А.С. (г. Алматы, Казахстан),
Рукавицын О.А. (Москва, Россия),
Севрюков Ф.А. (г. Нижний Новгород, Россия),
Симоненко В.Б. (Москва, Россия),
Соловьев А.Г. (г. Архангельск, Россия),
Софронов Г.А. (Санкт-Петербург, Россия),
Уйба В.В. (г. Сыктывкар, Россия),
Чечеткин А.В. (Санкт-Петербург, Россия)

Scientific peer-reviewed journal

Morskaya Meditsina (Marine Medicine)

Editor-in-Chief:

Mosyagin, Igor Gennadiyevich

*Dr. of Sci (Med.), Professor, military medical department of Navy of the Russian Federation
(St. Petersburg, Russia)*

Deputy Editor-in-Chief:

Zakrevskiy, Yuriy Nikolaevich

*Dr. of Sci. (Med), full member of the Russian Academy of Natural Sciences,
Murmansk Arctic University (Murmansk, Russia)*

Deputy Editor-in-Chief for Scientific Work:

Grabskiy, Yuri Valentinovich

*Cand. of Sci. (Med), Research Institute of Industrial and Maritime Medicine of the Federal Medical and
Biological Agency, (St. Petersburg, Russia)*

Commissioning Editor:

Simakina, Olga Evgenyevna

Cand. of Sci. (Biol.); Nauka Publishing (Moscow, Russia)

Executive Secretary:

Yatmanov, Alexey Nikolaevich

*Cand. of Sci. (Med), 40 State Research Institute of the Ministry of Defense of Russia
(St. Petersburg, Russia)*

Subscription index of the Agency «Book-Service» (Press of Russia) E45066

The journal Morskaya Meditsyna is registered by The Federal Agency for Surveillance in the Sphere
of Communication, Informational Technologies, and Mass Media

Certificate PI № FS 77-73710 of 05.10.2018

The journal is included in the List of reviewed scientific journals of higher attestation Commission for publication
of basic scientific results, the international reference system for periodicals and serials Ulrich's Periodical Directory,
databases, Global Health, CAB Abstracts, Google Scholar, EBSCO, Baidu (百度) abstract journal and database VINITI,
Russian Science Citation Index, Cyberleninka, Dimensions, Socionet, Russian State Library

Key title: Morskaya medicina

Abbreviated key title: Morsk. med.

Founded by: Research Institute of
Industrial and Maritime Medicine of the
Federal Medical and Biological Agency,
St. Petersburg, Russia

URL: <http://seamed.elpub.ru>

e-mail: marinemedicine@yandex.ru



Vol. 12
2026 No 3

EDITORIAL BOARD

Barinov V.A. (St. Petersburg, Russia),
Belyakov N.A. (St. Petersburg, Russia),
Bessmeltsev S.S. (St. Petersburg, Russia),
Boyko. E.V. (St. Petersburg, Russia),
Buzinov R.V. (St. Petersburg, Russia),
Grebnev G.A. (St. Petersburg, Russia),
Gritsaev S.V. (St. Petersburg, Russia),
Gudkov A.B. (Arkhangelsk, Russia),
David Lucas (Brest, France, Russia),
Dvoryanchikov V.V. (St. Petersburg, Russia),
Dimitar Stavrev (Varna, Bulgaria),
don Eliseo Lucero Priso (Suzhou, China),
Zhdanov K.V. (St. Petersburg, Russia),
Ivanova N.V. (Simferopol, Russia),
Ivanov A.O. (St. Petersburg, Russia),
Ivanusa S.Ya. (St. Petersburg, Russia),
Iordanishvili A.K. (St. Petersburg, Russia),
Kovlen D.V. (St. Petersburg, Russia),
Kogan I.Yu. (St. Petersburg, Russia),
Kotiv B.N. (St. Petersburg, Russia),
Krutikov. E.S. (Simferopol, Russia),
Kryukov. E.V. (St. Petersburg, Russia),
Kuznetsov A.N. (Hanoi, Vietnam),
Kulikov A.N. (St. Petersburg, Russia),
Litvinenko I.V. (St. Petersburg, Russia),
Lobzin Yu.V. (St. Petersburg, Russia),
Manukovsky V.A. (St. Petersburg, Russia),
Marchenko A.A. (St. Petersburg, Russia),

Miroshnichenko Yu.V. (St. Petersburg, Russia),
M. Luisa Canals Paul-Lina (Cadiz, Spain),
Myasnikov A.A. (St. Petersburg, Russia),
Nguyen Truong Song (Haifong, Vietnam),
Okovity S.V. (St. Petersburg, Russia),
Partsernyak S.A. (St. Petersburg, Russia),
Pedro Nogerole Alonso De La Serra (Spain),
Petreev I.V. (St. Petersburg, Russia),
Ponomarenko G.N. (St. Petersburg, Russia),
Popova O.N. (Arkhangelsk, Russia),
Protoschak V.V. (St. Petersburg, Russia),
Rassokhin V.V. (St. Petersburg, Russia),
Reinyuk V.L. (St. Petersburg, Russia),
Rogozhnikov V.A. (Moscow, Russia),
Savello A.V. (St. Petersburg, Russia),
Rodriguez Silva Maria (Vargas, Venezuela),
Simbirtsev A.S. (St. Petersburg, Russia),
Soloviev I.A. (St. Petersburg, Russia),
Tarik Galyan (Tangier, Morocco),
Khominets V.V. (St. Petersburg, Russia),
Cherkashin D.V. (St. Petersburg, Russia),
Shamrey V.K. (St. Petersburg, Russia),
Shpilenya E.S. (St. Petersburg, Russia),
Shchegolev A.V. (St. Petersburg, Russia),
Shcherbuk A.Yu. (St. Petersburg, Russia),
Ergashev O.N. (St. Petersburg, Russia),
Yakovleva T.V. (Moscow, Russia)

ADVISORY BOARD

Azarov I.I. (Moscow, Russia),
Abasova G.B. (Shymkent, Kazakhstan),
Aleksanin S.S. (St. Petersburg, Russia),
Akhverdova O.A. (Pyatigorsk, Russia),
Bagnenko S.F. (St. Petersburg, Russia),
Bazarnyi V.V. (Yekaterinburg, Russia),
Baranov A.N. (Arkhangelsk, Russia),
Barachevsky Yu.E. (Arkhangelsk, Russia),
Brizhan L.K. (Moscow, Russia),
Boev I.V. (Stavropol, Russia),
Bukhtiyarov I.V. (Moscow, Russia),
Valkov M.Yu. (Arkhangelsk, Russia),
Davydov D.V. (Moscow, Russia),
Denisenko I.V. (Moscow, Russia),
Evstafyeva E.V. (Yalta, Russia),
Zaitsev A.A. (Moscow, Russia),
Ivanov A.M. (St. Petersburg, Russia),
Ichitovkina E.G. (Moscow, Russia),
Kazakevich E.V. (Arkhangelsk, Russia),
Kazakov S.P. (Moscow, Russia),
Kirov M.Yu. (Arkhangelsk, Russia),

Kuroedov A.V. (Moscow, Russia),
Markelov Yu.M. (Petrozavodsk, Russia),
Maryandyshev A.O. (Arkhangelsk, Russia),
Novikova I.A. (Arkhangelsk, Russia),
Ovchinnikov Yu.V. (Moscow, Russia),
Opravin A.S. (Arkhangelsk, Russia),
Petrukhin V.A. (Moscow, Russia),
Plutnitsky A.N. (Moscow, Russia),
Ponomarev V.V. (Minsk, Belarus),
Popova A.Yu. (Moscow, Russia),
Popov V.V. (Arkhangelsk, Russia),
Razumov A.N. (Moscow, Russia),
Rakisheva A.S. (Almaty, Kazakhstan),
Rukavitsyn O.A. (Moscow, Russia),
Sevryukov F.A. (Nizhny Novgorod, Russia),
Simonenko V.B. (Moscow, Russia),
Soloviev A.G. (Moscow Arkhangelsk, Russia),
Sofronov G.A. (St. Petersburg, Russia),
Uyba V.V. (Syktyvkar, Russia),
Chechetkin A.V. (St. Petersburg, Russia)

Содержание

ОБЗОРЫ

СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА ИММУНОПАТОГЕНЕЗ И ДИАГНОСТИКУ ПАРАЗИТАРНЫХ ИНВАЗИЙ.....7	
<i>Москалев А. В., Апчел В. Я., Апчел А. В.</i>	
МНОГОФАКТОРНОЕ ВЛИЯНИЕ ДЕФИЦИТА ВИТАМИНА D НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ18	
<i>Дискаленко О. В., Изотова А. Б., Кучмин А. Н., Левченко З. А., Ятманов А. Н.</i>	

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕДИЦИНСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГРУППИРОВКИ СИЛ В ГУМАНИТАРНОЙ ОПЕРАЦИИ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СЦЕНАРИЕВ СРЕДНЕГО И ВЫСОКОГО РИСКА: ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ.....30	
<i>Гузев Р. Н., Лемешкин Р. Н., Мосягин И. Г., Пуляев М. Н., Гусева О. И.</i>	
ЭФФЕКТИВНОСТЬ АППЕЛИСИБА С ФУЛВЕСТРАНТОМ ПОСЛЕ ПРОГРЕССИРОВАНИЯ НА ФУЛВЕСТРАНТЕ ПРИ R1K3CA-МУТИРОВАННОМ HR+HER2- МЕТАСТАТИЧЕСКОМ РАКЕ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ: РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ РЕАЛЬНОЙ КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ43	
<i>Абдулова Н. Х., Моисеенко В. М., Жабина А. С., Скрипко О. А.</i>	
АПРОБАЦИЯ НОВЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ В ХОДЕ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫХ УЧЕНИЙ «БЕЗОПАСНАЯ АРКТИКА – 2025»49	
<i>Алексанин С. С., Курынин Р. В.</i>	
СТАТУС АКТИВАЦИИ КОНЦЕНТРАТА ТРОМБОЦИТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЖИМА ХРАНЕНИЯ57	
<i>Гришина Г. В., Ласточкина Д. В., Касьянов А. Д., Голованова И. С., Бессмельцев С. С.</i>	
СОСТОЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ У ВОЕННОСЛУЖАЩИХ, УЧАСТВОВАВШИХ В БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЯХ: СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ66	
<i>Масляков В. В., Сидельников С. А., Павлова О. Н., Бурекешев А. Е., Страшко А. В., Карагайчева Ю. В.</i>	
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ УСПЕШНОСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВОДОЛАЗОВ: ПИЛОТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ75	
<i>Андрийченко А. М., Емущинцев П. А., Сапожников К. В.</i>	
ОПИОИДНЫЕ ПЕПТИДЫ В ПАТОГЕНЕЗЕ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКИХ СТРЕССОВЫХ РАССТРОЙСТВ: ПЕРСПЕКТИВНОЕ КОГОРТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ЭТАПОМ НА ЖИВОТНЫХ89	
<i>Закревский Ю. Н., Цыган В. Н., Макеев Н. В., Кауфман А. Д., Узденова А. Х.</i>	
ОСОБЕННОСТИ МЕДИКО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ОПЕРАТОРСКОГО ПРОФИЛЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ: РЕТРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ95	
<i>Марченко Л. О., Левич С. Н., Филиппова Е. О., Дорофеев И. И., Колосова А. Г., Мулик А. Б.</i>	
ШТАММ <i>STAPHYLOCOCCUS HOMINIS</i> 23-2 ИЗ ОБРАЗЦА МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ МЫСА СОПОЧНАЯ КАРГА ТАЙМЫРСКОГО ДОЛГАНО-НЕНЕЦКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ: ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ103	
<i>Гончаров А. Е., Азаров Д. В., Хорошилов В. Ю., Бартова А. В., Асланов Б. И., Косякова К. Г., Бердичевский Г. М., Эргашев О. Н.</i>	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НЕЙРОДИНАМИКИ ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ В СТЕРЕОСКОПИЧЕСКИХ И МОНОКУЛЯРНЫХ СРЕДАХ: ВИЗУАЛЬНО-КОГНИТИВНЫЕ ФЕНОТИПЫ «ЦИФРОВОГО ПОКОЛЕНИЯ».....112	
<i>Першина Е. И., Савин Д. Н., Епифановский Е. С., Трухина Д. Ю.</i>	
СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ СОТРУДНИКОВ ОРГАНОВ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ В РАЗЛИЧНЫХ ВОЗРАСТНЫХ КАТЕГОРИЯХ: СРАВНИТЕЛЬНОЕ АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ125	
<i>Иванов Н. М., Ичитовкина Е. Г., Климзов А. Г.</i>	
КАРДИОМЕТАБОЛИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ И НАРУШЕНИЯ РИТМА ПРИ СД 2-ГО ТИПА: РЕТРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ.....134	
<i>Однокол П. О., Тришкин М. А., Кутелев Г. Г., Пугачёв М. И.</i>	
РЕСУРСНАЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ МЕДИЦИНСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ СЛУЖБЫ МЕДИЦИНЫ КАТАСТРОФ РЕГИОНАЛЬНОГО УРОВНЯ: ЗНАЧЕНИЕ АНАЛИЗА РАСПОРЯДИТЕЛЬНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ143	
<i>Сун П. А.</i>	

**Журнал включен в Перечень рецензируемых научных журналов ВАК
для опубликования основных научных результатов диссертаций по специальностям:**

- 3.1.6. Онкология, лучевая терапия (биологические науки)
- 3.1.18. Внутренние болезни (медицинские науки)
- 3.1.20. Кардиология (медицинские науки, биологические науки)
- 3.1.22. Инфекционные болезни (медицинские науки, биологические науки)
- 3.1.24. Неврология (медицинские науки)
- 3.1.27. Ревматология (медицинские науки)
- 3.2.6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях (медицинские науки)
- 3.3.7. Авиационная, космическая и морская медицина (медицинские науки, биологические науки)

Contents

REVIEWS

MODERN VIEW ON IMMUNOPATHOGENESIS AND DIAGNOSTICS OF PARASITIC INFESTATIONS	7
<i>Moskalyev A. V., Apchel V. Ya., Apchel A. V.</i>	
MULTIPLE EFFECTS OF VITAMIN D DEFICIENCY ON PHYSIOLOGICAL PROCESSES	18
<i>Diskalenko O. V., Izotova A. B., Kuchmin A. N., Levchenko Z. A., Yatmanov A. N.</i>	

ORIGINAL ARTICLES

SIMULATION MODELING OF EFFICACY OF MEDICAL SUPPORT FOR A FORCE GROUP IN A HUMANITARIAN OPERATION: COMPARATIVE ANALYSIS OF MEDIUM- AND HIGH-RISK SCENARIOS	30
<i>Guzeev R. N., Lemeshkin R. N., Mosyagin I. G., Pulyaev M. N., Guseva O. I.</i>	
EFFECTIVENESS OF ALPELISIB WITH FULVESTRANT AFTER PROGRESSION ON FULVESTRANT AMONG PATIENTS WITH PIK3CA-MUTATED HR+/HER2- METASTATIC BREAST CANCER: A RETROSPECTIVE REAL-WORLD DATA ANALYSIS	43
<i>Abduloeva N. Kh., Moiseenko V. M., Zhabina A. S., Skripko O. A.</i>	
TESTING OF NEW DOMESTIC MEDICAL PRODUCTS DURING INTERDEPARTMENTAL DRILL “SAFE ARCTIC-2025”	49
<i>Aleksanin S.S., Kuryin R.V.</i>	
ACTIVATION STATUS OF PLATELET CONCENTRATE BASED ON STORAGE MODE	57
<i>Grishina G. V., Lastochkina D. V., Kasyanov A. D., Golovanova I. S., Bessmeltsev S. S.</i>	
STATE OF SOME LIPID PEROXIDATION INDICES IN MILITARY PERSONNEL PARTICIPATED IN COMBAT OPERATIONS: COMPARATIVE STUDY	66
<i>Mashlyakov V. V., Sidelnikov S. A., Pavlova O. N., Burekeshev A. E., Strashko A. V., Karagaycheva Yu. V.</i>	
DEVELOPMENT OF METHOD FOR ASSESSING SUCCESS OF DIVERS' PROFESSIONAL PERFORMANCE: PILOT STUDY	75
<i>Andriychenko A. M., Emushintsev P. A., Sapozhnikov K. V.</i>	
OPIOID PEPTIDES IN PATHOGENESIS OF POSTTROMATIC STRESS DISORDER: PROSPECTIVE COHORT STUDY WITH PARALLELE PILOT PHASE ON ANIMAL.....	89
<i>Zakrevsky Yu. N., Tsygan V. N., Makeev N. V., Kaufman A. D., Uzdenova A. Kh.</i>	
SPECIFICS OF MEDICAL AND PSYCHOLOGICAL SUPPORT FOR OPERATOR SPECIALISTS: RETROSPECTIVE STUDY	95
<i>Marchenko L. O., Levich S. N., Filippova E. O., Dorofeev I. I., Kolosova A. G., Mulik A. B.</i>	
STRAIN OF STAPHYLOCOCCUS HOMINIS 23-2 FROM A PERMAFROST SAMPLE OF CAPE SOPOCHNAYA KARGA, TAIMYR DOLGAN-NENETS MUNICIPAL DISTRICT, KRASNOYARSK TERRITORY: ORIGINAL ARTICLE	103
<i>Goncharov A. E., Azarov D. V., Khoroshilov V. Yu., Bartova A. V., Aslanov B. I., Kosyakova K. G., Berdichevsky G. M., Ergashev O. N.</i>	
COMPARATIVE ANALYSIS OF NEURODYNAMICS OF VISUAL PERCEPTION IN STEREOSCOPIC AND MONOCULAR ENVIRONMENT: VISUAL-COGNITIVE PHENOTYPE OF “DIGITAL GENERATION”	112
<i>Pershina E. I., Savin D. N., Epifanovsky E. S., Trukhina D. Yu.</i>	
HEALTH STATUS OF INTERNAL AFFAIRS EMPLOYEES IN DIFFERENT AGE CATEGORY: COMPARATIVE ANALYTICAL STUDY.....	125
<i>Ivanov N. M., Ichitovkina E. G., Klimzov A. G.</i>	
CARDIOMETABOLIC MARKERS AND RHYTHM DISORDERS IN TYPE 2 DIABETES: RETROSPECTIVE STUDY	134
<i>Odnokol P. O., Trishkin M. A., Kutelev G. G., Pugachev M. I.</i>	
RESOURCE SUPPORT OF MEDICAL ORGANIZATIONS OF DISASTER MEDICAL SERVICE AT REGIONAL LEVEL: IMPORTANCE OF ADMINISTRATIVE DOCUMENTATION ANALYSIS	143
<i>Suin P. A.</i>	

ОБЗОРЫ/REVIEWS

УДК: 616-022.1:612.017

<https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-7-17>MODERN VIEW ON IMMUNOPATHOGENESIS AND DIAGNOSTICS
OF PARASITIC INFESTATIONS¹Alexander V. Moskalev*, ^{1,2}Vasily Ya. Apchel, ³Andrey V. Apchel¹Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia²Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, Russia³Estepima Limited Liability Company, Saint Petersburg, Russia

INTRODUCTION. Despite modern achievements in cellular and molecular immunology, the immunopathogenesis of parasitic infestations remains an insufficiently studied problem of infectious pathology.

OBJECTIVE. To analyze the immunopathogenesis of parasitic infestations and modern methods of their diagnosis.

MATERIALS AND METHODS. The study is based on an analysis of 48 scientific medical publications from 1982 to 2024 in international and Russian scientific literature databases Google Scholar, PubMed, eLIBRARY, and Scopus using keywords and their combinations in Russian and English: antibodies, antigens, immunopathogenesis, the immune system, variability of parasitic antigens.

RESULTS. It has been established that the variability of parasite antigen structures and their life cycle contribute to immune suppression and evasion of immunological surveillance. Depending on their nature, parasites utilize both extracellular and intracellular parasitization modes, so T-helper cells of types 1 and 2 participate in the development of the adaptive immune response. Among cellular factors, phagocytes, including eosinophils, are of the greatest importance. The effectiveness of parasite elimination from the host largely depends on the interferon system, primarily interferons γ and δ . Microscopic, immunological, and molecular genetic techniques are used in the diagnosis of parasitic infestations.

DISCUSSION. Most parasites have a complex life cycle, occurring in different hosts with alternating antigen structures. The effectiveness of pathogen neutralization and subsequent elimination largely depends on the state of the innate and adaptive immune systems. Most parasitic infestations result in immediate and delayed hypersensitivity reactions. These are often accompanied by autoimmune reactions, which complicates immunopathogenesis and diagnosis.

CONCLUSION. Parasitic infestations are most often chronic and persistent, which affects the characteristics of immunopathogenesis and etiological diagnosis. The parasites' multi-stage life cycle, antigen camouflage, mimicry, diversion, and variability allow them to evade immune system control. Microscopic, serological, and molecular techniques are used in the diagnosis of parasitic infestations.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, antigens, antibodies, genes, variability, immune system, parasitic infestations, parasite life cycle

*For correspondence: Alexander V. Moskalev, e-mail: alexmv195223@yandex.ru

*Для корреспонденции: Москалев Александр Витальевич, e-mail: alexmv195223@yandex.ru

For citation: Moskalev A. V., Apchel V. Ya., Apchel A. V. Modern view on immunopathogenesis and diagnostics of parasitic infestations // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 3. P. 7–17,

<https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-7-17>; EDN: <https://elibrary.ru/LTWEAX>

Для цитирования: Москалев А. В., Апчел В. Я., Апчел А. В. Современный взгляд на иммунопатогенез и диагностику паразитарных инвазий // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 3. С. 7–17,

<https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-7-17>; EDN: <https://elibrary.ru/LTWEAX>

© Авторы, 2026. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины» Федерального медико-биологического агентства. Данная статья распространяется на условиях открытого доступа в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 («Attribution-NonCommercial-ShareAlike» / «Атрибуция-Некоммерчески-Сохранение Условий» 4.0), которая разрешает неограниченное некоммерческое использование, распространение и воспроизведение ее на любом носителе при указании автора и источника. Чтобы ознакомиться с полными условиями данной лицензии на русском языке, посетите сайт: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.ru>

СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА ИММУНОПАТОГЕНЕЗ И ДИАГНОСТИКУ ПАРАЗИТАРНЫХ ИНВАЗИЙ

¹А. В. Москалев*, ^{1,2}В. Я. Анчел, ³А. В. Анчел

¹Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия;

²Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия

³Общество с ограниченной ответственностью «Эстеприма», Санкт-Петербург, Россия

ВВЕДЕНИЕ. Несмотря на современные достижения клеточной и молекулярной иммунологии иммунопатогенез паразитарных инвазий по-прежнему остается недостаточно изученной проблемой инфекционной патологии.

ЦЕЛЬ. Проанализировать иммунопатогенез паразитарных инвазий и современные методики их диагностики.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Исследование основано на анализе 48 научных медицинских публикаций за 1982–2024 гг. в международных и отечественных базах научной литературы Google Scholar, PubMed, eLIBRARY и Scopus по ключевым словам и их сочетаниям на русском и английском языках: антитела/antibodies, антигены/antigens, иммунопатогенез/immunopathogenesis, иммунная система/the immune system, вариабельность паразитарных антигенов/variability of parasitic antigens.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Установлено, что вариабельность антигенных структур паразитов и их жизненный цикл способствуют супрессии иммунной системы и уходу от иммунологического надзора. В зависимости от природы паразиты используют как внеклеточный, так и внутриклеточный варианты паразитирования, поэтому в развитии адаптивного иммунного ответа принимают участие Т-хелперы 1-го и 2-го типов. Из клеточных факторов наибольшее значение имеют фагоциты, в том числе эозинофилы. Эффективность элиминирования паразитов из макроорганизма во многом зависит от системы интерферонов, в первую очередь интерферонов γ и δ . В диагностике паразитарных инвазий используются микроскопические, иммунологические и молекулярно-генетические методики.

ОБСУЖДЕНИЕ. Для большинства паразитов характерен сложный жизненный цикл, протекающий у разных хозяев со сменой антигенных структур. Эффективность нейтрализации патогенов и их последующая элиминация во многом зависят от состояния механизмов врожденного и адаптивного иммунитета. При большинстве паразитарных инвазий развиваются реакции гиперчувствительности немедленного и замедленного типов. Нередко к ним присоединяются аутоиммунные реакции, что усложняет иммунопатогенез и диагностику.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Паразитарные инвазии чаще всего носят хронический и персистирующий характер, что отражается на особенностях иммунопатогенеза и этиологической диагностике. Многоступенчатый жизненный цикл паразитов, антигенная маскировка, мимикрия, диверсия и изменчивость позволяют им уходить от контроля иммунной системы. В диагностике паразитарных инвазий используются микроскопические, серологические и молекулярные методики.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, антигены, антитела, гены, изменчивость, иммунная система, паразитарные инвазии, жизненный цикл паразитов

Introduction. Parasites include both single-celled protozoa and multicellular organisms (helminths), as well as ectoparasites. Parasitic infections are a serious public health problem: approximately 30% of the world's population suffers from parasitic infestations. Around 200 million new cases of malaria and approximately 400,000 deaths are registered worldwide annually. Therefore, the scale of this problem is the main reason for great interest in developing immunoparasitology as a separate branch of immunology. Most parasites undergo a complex life cycle, part of which occurs in the human body (or other vertebrates), and part in intermediate hosts (flies, ticks, snails, etc.), which is accompanied by changes in antigenic structures. Humans are usually infected through the bites of infected intermediate hosts or through their presence together in a specific habitat. Many parasitic infections are chronic due to the failure of innate im-

mune mechanisms and the ability of parasites to evade elimination by adaptive immune responses [1]. Therefore, studying the immunopathogenesis of parasitic infestations has been and remains a critical issue.

Objective. To analyze the immunopathogenesis of parasitic infestations and modern methods of their diagnosis.

Materials and methods. Using comparative analysis, a review of articles in the scientific literature databases Google Scholar, PubMed, eLIBRARY, and Scopus was conducted. Full-text publications, literature reviews, and original studies on this topic were used for the analysis. Forty-eight articles containing highly informative, statistically reliable data that met the manuscript search criteria were selected. Priority was given to recent publications.

Results. The following characteristics of the immune response to parasitic infestations should

be noted: 1) parasitic agents are characterized by heterogeneity of life cycles and antigen expression; 2) many parasitic infections are chronic; 3) mechanisms of evasion from the immune system differ significantly from those of bacterial infections; 4) many parasites develop significant genetic and antigenic variations in a relatively short period; 5) the effectiveness of innate immune responses is genetically determined; 6) humans, like animals, differ significantly in their ability to neutralize parasitic infestations [2].

Innate immunity. Despite the fact that various protozoa and helminths activate innate immune mechanisms, they are able to survive and reproduce in the body of their hosts. The main mechanism of pathogen elimination is phagocytosis, but many parasites are not only resistant to it but even multiply in macrophages. Protozoa express surface molecules that are recognized by toll-like receptors (TLRs) and activate phagocytes. So, completely different microorganisms such as *Plasmodium*, *Toxoplasma gondii* and *Cryptosporidium* express antigens of glycolipid nature recognized by TLR type 2 (TLR2) and TLR type 4 (TLR4). Eosinophils are also involved in microbicidal effects, however the cell wall and size of many parasites render them resistant to phagocytosis. Some protozoa and helminths induce activation of the alternative complement pathway, but they have also evolved effective strategies to bypass the complement system [3, 4].

Adaptive Immunity. Different protozoa and helminths are extremely variable in their struc-

tural antigens and immunopathogenesis. Therefore, it is not surprising that parasites cause different adaptive immune responses (Table 1). Regarding protozoa, the same adaptive immunological reactions develop as against bacteria and viruses that use an intracellular type of parasitization. In contrast, multicellular microorganisms such as helminths use an extracellular type of parasitism, and their elimination often depends on the isotype of antibodies [5].

The main defense mechanism against protozoa that survive in macrophages is the cell-mediated immune response. Infection of mice surviving in macrophage endosomes with *L. major* illustrates how the dominance of Th1- or Th2-type responses determines resistance or susceptibility to infection. Resistance to infection is associated with the activation of *Leishmania*-specific Th1 cells that secrete interferon γ (IFN- γ) and thereby activate macrophages to destroy intracellular parasites. And conversely, Th2 cell activation by progenitor cells results in increased parasite survival and lesion exacerbation, as secreted Th2 cytokines inhibit classical macrophage activation. Most inbred mouse strains are resistant to *L. major* infection, but inbred BALB/c line mice and some related strains are susceptible and die when infected with high parasite doses. Strains resistant to *L. major* secrete large amounts of IFN- γ in response to *Leishmania* antigens, whereas strains sensitive to them secrete predominantly interleukin-4 (IL-4). Enhancing the Th1 response or inhibiting the Th2 response

Table 1

Factors and immunological reactions in parasitic invasions

Таблица 1

Факторы и иммунологические реакции при паразитарных инвазиях		
Parasites	Infections	Underlying immunological mechanisms and factors
<i>Plasmodium</i> species	Malaria	Antibodies and Cytotoxic T Lymphocytes
<i>Leishmania donovani</i>	Leishmaniasis (cutaneous, disseminated)	CD4 ⁺ Th1- cells activate macrophages to destroy phagocytosed parasites
<i>Trypanosoma brucei</i>	African trypanosomiasis, or sleeping sickness, is a parasitic disease of humans and animals.	Antibodies
<i>Entamoeba histolytica</i>	Amebiasis	Antibodies, phagocytosis
<i>Schistosoma</i> species	Schistosomiasis	Lysis by eosinophils and macrophages
<i>Filaria</i> (e.g. <i>Wuchereria bancrofti</i>)	Filariasis	Cellular immunity; role of antibodies?

in susceptible strains enhances their resistance to infection. However, the mechanisms of this striking difference between mouse strains have not been determined [6–8].

Proliferating intracellular protozoan cells, stimulate antibody secretion, and activate cytotoxic T lymphocytes (cytotoxic T lymphocytes—CTL). A striking example is the malarial plasmodia, the life cycle of which proceeds predominantly in erythrocytes and hepatocytes. Therefore, CTLs are the most important cellular factors preventing the spread of plasmodia. A crucial role in protection against many protozoan infections, including malaria, toxoplasmosis, and cryptosporidiosis is also played by IFN- γ . The main parasites that have an intracellular phase in their life cycle are *Plasmodium*, *Trypanosoma cruzi*, *Leishmania* and *Cryptosporidium parvum* species [9–11].

Helminths stimulate the differentiation of naive CD4⁺ T cells into a subpopulation of Th2 effector cells that secrete IL-4 and IL-5. So, IL-4 stimulates the secretion of IgE, which binds to the Fc ϵ RI receptor of mast cells, and IL-5 activates eosinophils. The combined action of mast cells and eosinophils promotes parasite elimination from the gut, although the contribution of each remains unclear. Expulsion of some intestinal nematodes may be due to Th2-dependent mechanisms without IgE involvement, as well as increased mucus production and intestinal peristalsis induced by Th2 cytokines. It is assumed that the ability to produce IgE evolved primarily to protect the host from parasitic invasions, and high levels of antiparasitic IgE correlate with resistance to reinfection [12–14].

Adaptive immune responses to parasite invasions and their viability products may also be accompanied by tissue damage and granule formation with concomitant fibrosis. *Schistosoma mansoni* eggs deposited in the liver stimulate CD4⁺ T cells that, in turn, activate macrophages and induce the development of delayed-type hypersensitivity reactions (DHRs). DHR reactions cause granule formation around the eggs. A feature of these granulomas, including in mice, is their association with Th2 responses. Such Th2-induced granulomas serve to retain schistosome eggs, but the severe fibrosis associated with this chronic cell-mediated immune response leads to cirrhosis, impaired venous blood flow in the liver, and portal hypertension. In lymphatic

filariatoses, parasite adhesion in lymphatic vessels causes chronic cell-mediated immune responses and, ultimately, fibrosis. This may be accompanied by lymphatic obstruction and severe lymphedema. Chronic and persistent parasitic invasions are often associated with the formation of immune complexes that deposit in blood vessels and renal glomeruli causing vasculitis and nephritis, a complication of schistosomiasis and malaria [15–17].

Parasites have evolved a variety of strategies that allow them to circumvent adaptive defenses. These include antigen masking, antigenic variation, antigen removal, antigen mimicry, immunological diversion, and immunological subversion. By reducing their immunogenicity and suppressing host immune responses, parasites evade immune control. This is contributed by variation in antigen expression, whereby mature tissue stages of the parasites express antigens different from those of the infectious stages. So, sporozoite antigens during the infectious stage of malarial plasmodia are different from merozoite antigens with which the development of chronic infection is associated. By the time the immune system responds to sporozoite infection, the parasite has differentiated, expresses new antigens, and ceases to be a target for immune elimination. Another example is the continuous variability of major surface antigens of African trypanosomes such as *Trypanosoma brucei* and *Trypanosoma rhodesiense*. The constant antigenic variability of trypanosomes is mainly due to changes in the expression of genes encoding the major surface antigen. Waves of blood parasitemia are observed in infected patients, in which parasites express surface antigens different from those of the previous wave. More than 100 such waves can occur during a single infection. One consequence of the antigenic variability of parasites is the lack of effective vaccine prophylaxis. Antigenic variability can also be realized through genetic recombination, enabling the development and expression of novel epitopes on the surface of the parasite to which there was no previous immune response. The ability to rearrange genes and rapidly change surface molecules enhances the virulence of *P. falciparum* and *T. cruzi*. Gene switching is another mechanism of antigenic variability observed in parasites that occurs fairly rapidly, within 5–6 days. Organisms can contain more than a thou-

sand different genes that ensure the expression of surface molecules. Examples of parasites using this mechanism are *Trypanosoma gambiense* and *Trypanosoma rhodesiense* [18–21].

Escape from immune control is also contributed by cyst formation and shedding of sheath antigens—both spontaneous and after adhesion of specific antibodies. In addition, antigen resetting makes parasites resistant to the neutralizing effects of antibodies. In the suppression of the host immune system, parasites use diverse mechanisms. Thus, in severe schistosomiasis, the liver and spleen are affected, and in filariasis, anergy of T cells is observed. However, the mechanisms of immunological insensitivity in these infections have not been fully explored. Leishmania activates regulatory T cells, suppressing the immune response and enabling parasite persistence. Non-specific generalized immunosuppression takes place in malaria and African trypanosomiasis. This immune dysfunction is explained by the secretion of immunosuppressive cytokines by activated macrophages and T cells, as well as impaired T cell activation [22–25].

Immunological subversion occurs when the parasite induces the secretion of immunosuppressive proteins. For example, some parasites promote increased IFN- β secretion enhancing their survival. Reduced formation of active oxygen forms of IFN- β reduces the microbicidal effects of macrophages. In addition, *P. falciparum* infect erythrocytes and potentially can interact with B cells, thereby promoting antibody secretion. Also, *P. falciparum* produce immunoglobulin-binding proteins that act as polyclonal B-cell activators. This results in the proliferation of numerous B-cell clones and the production of antibodies not specific to a given parasite. Thus, immunoglobulin-binding proteins are important factors in the mechanism of evasion of neutralization by specific antibodies [26–28].

Diagnosis of parasitic invasions. Laboratory diagnosis of parasitic invasions, predominantly based on microscopy, is inefficient and does not solve the problem of etiological diagnosis. However, nowadays, techniques for direct antigen determination, molecular studies, and new, more specific and sensitive serological techniques have emerged. A difficulty with serological methods is that antibodies produced against one parasite protein can cross-react with proteins from other species, reducing the efficiency, specificity, and sensitivity of these methods. Thanks to advanc-

es in molecular technologies, methods have been developed to detect parasitic antigens.

Serological tests allow detecting parasitic antigens and antibodies to them. These include the enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA), the indirect immunofluorescence reaction (IFIR), the indirect hemagglutination reaction (IHR), and newer rapid diagnostic tests (newer rapid RDT) with significantly improved specificity and sensitivity. ELISA allows the diagnosis of amoebiasis, babesiosis, fascioliasis, cutaneous and visceral leishmaniasis, cysticercosis, echinococcosis, malaria, schistosomiasis, toxocariasis, toxoplasmosis, trichinellosis, and trypanosomiasis. Table 2 reflects the importance (value) of serological testing for the diagnosis of various parasitic diseases, which can be useful in epidemiological studies [29–31].

Toxoplasmosis. *T. gondii* is widely spread worldwide and can affect many species of animals and birds. Up to 11 % of the population of the United States of America (USA) over the age of 6 years are carriers of this parasite, upon reactivation of which there is suppression of the immune system. Representatives of the feline family (*Felidae*) are the definitive hosts for *T. gondii*. Most commonly, human infection occurs through the consumption of infected meat, the air-dust route (oocysts contained in cat excrement), and transplacental transmission to the fetus [32].

The diagnosis of “toxoplasmosis” is confirmed by the detection of the parasite in stained tissue or liquor samples, but is usually made by ELISA. However, a set of tests must be performed to determine whether the infection is recent or whether it is a chronic *T. gondii* infection. The sensitivity and specificity of commercial kits vary significantly, and results can be misinterpreted, especially when detecting antibodies of the IgM isotype. This is especially important for making the decision to terminate a pregnancy. IgM isotype antibodies can persist for up to 18 months after *T. gondii* infection and therefore cannot be used as the only test to determine recent infection. If IgM are not detected and only IgG is detected, this rules out acute infection. One of the problems with testing for IgM antibodies is that they are not highly specific for *T. gondii*. If only IgM antibodies are detected, additional testing should be performed. The second blood sample should be taken from the patient 2 weeks after the first one and the level of IgM and IgG isotype

Table 2

Diagnosis of parasitic infestations using enzyme-linked immunosorbent assay

Таблица 2

Диагностика паразитарных инвазий с помощью иммуноферментного анализа

Serological Diagnosis		
is used	can be used	is not used
Amebiasis (extraintestinal)	Amebiasis	Anizakidosis
Shagas disease	Amoebic meningoencephalitis	Ascariasis
Clonorchosis	Anaplasmosis/ehrlichiosis	Capillariosis
Cysticercosis	Babesiosis	Cryptosporidiosis
Echinococcosis	Malaria	Ankylostoma
Filariatosis (lymphatic; suspicious cases where microfilariae cannot be detected in the blood)	Paragonimosis (eggs not detected in sputum or feces)	Trichomonosis
Leishmaniasis (cutaneous and visceral)	—	—
Schistosomiasis (chronic cases where eggs are not detected in the feces)	—	—
Toxokarosis (visceral and ocular)	—	—
Toxoplasmosis	—	—
Trichinellosis	—	—

antibodies in it should be higher. If both samples show the presence of IgM in the absence of IgG, the result should be considered false-positive (Table 3) [33, 34].

If both IgM and IgG antibodies are found in a pregnant woman, an IgG avidity test should be performed. Determination of antibody avidity allows one to establish whether the IgG antibodies are the result of recent or transferred previous infection. The presence of high-avidity IgGs indicates infections in the past, while low-avidity IgG antibodies indicate recent infection. However, low-avidity antibodies can persist for a long time, so their presence does not necessarily confirm a recent infection. Highly avid antibodies indicate the presence of infection for at least 3–5 months and do not pose a risk to the fetus. To determine IgG avidity in ELISA, a wash buffer containing urea is used, allowing the differentiation of low-avid antibodies from high-avid ones. Avidity is determined in duplicate using buffer with and without urea. The avidity index (AI) is determined by dividing the resulting optical density of the two tests. AI values below 0.20 indicate the presence of antibodies with low avidity, from 0.20 to 0.25—for intermediate avidity, and values above 0.25 are characteristic of antibodies with high avidity. The presence of highly avid anti-

bodies is an indication that the immune response has been going on for quite some time [35–38].

Rapid Antigen Detection Systems (rapid diagnostic tests — RDT) are based on immunochromatographic detection of antigens and are widely used in many diagnostic laboratories. For example, RDTs detect soluble proteins due to their ability to bind to antibodies contained on a nitrocellulose strip. The clinical sample is placed on a strip and eluted by adding a few drops of buffer containing the labeled antibody. After that, a coloured band representing the antigen—antibody complex can be seen on the membrane. Currently, many laboratories have abandoned the use of ELISA in favour of immunochromatographic tests. With the help of this platform, tests for the rapid diagnosis of malaria have also been developed, allowing carrying out the differentiation between *Plasmodium vivax* and *P. falciparum*: currently BinaxNOW test systems (lateral flow immunoassay, lateral flow immunoassay or express test “Bbot Abbott diagnostics” Rapid Diagnostics are the only available malaria diagnostic methodology in the United States). The test detects histidine-rich protein II (HRPII), specific for *P. falciparum*, and a pan-malarial antigen common to all four malaria species [39–41].

Table 3

Serological diagnosis of toxoplasmosis

Таблица 3

Серологическая диагностика токсоплазмоза

IgG	IgM	Interpretation of results
Negative	Negative	no Toxoplasmosis
Negative	Doubtful	Early acute infection or a false-positive result upon IgM detection is possible. Retesting for IgM and IgG is required. If the result of the second sample did not change, it is likely there is no toxoplasmosis
Negative	Positive	Acute infection or a false-positive IgM result is possible. Retesting for IgM and IgG is required. If the result of the second sample did not change, it is likely that the IgM reaction is a false positive
Doubtful	Negative	Indeterminate: there is a need to test a new specimen or retest the same one for IgG using a different test system or test analysis
Doubtful	Doubtful	Indeterminate: new specimen needs to be tested for IgM and IgG
Doubtful	Positive	Acute infection is possible. A new specemen must be tested for IgM and IgG. If the result of the second specimen remains the same or IgG — positive, both specimens should be sent to an expert laboratory
Positive	Negative	Toxoplasma infection within 6 months or earlier
Positive	Doubtful	Probable infection for more than 1 year, or false positive IgM reaction. A new specimen needs to be tested for IgM. If the results of the second specimen did not change, both specimens should be sent to an expert laboratory
Positive	Positive	Possible infection within the last 12 months or obtained a false-positive IgM result. It is necessary to send the specimens to an expert laboratory

Unfortunately, there is currently no external quality control program in the field of serological diagnosis of parasitic infestations, except for the diagnosis of toxoplasmosis. In addition, a particular test detects only one type of parasite and does not detect others capable of causing disease. So, tests for schistosomiasis only detect species-specific antibodies and therefore may give a negative result in one case and a positive result in another one. Additionally, the type of sample taken from the patient may lead to conflicting results. Serum analysis for schistosome antibodies was negative, no parasites were detected in the feces, but urine examination showed the presence of *Schistosoma haematobium* eggs. On repeat blinded testing, immunoblotting was positive for *S. haematobium* and negative for *Schistosoma mansoni*. Therefore, schistosomiasis tests identifying three types of schistosomes affecting humans may be inaccurate.

This is explained by the antigenic complexity of parasites inducing antibody formation that cannot always be detected.

In addition, the sensitivity of the assay may vary depending on the stage and type of the patient’s disease due to the potential cross-reactivity of antibodies produced during parasitic infection, so a positive result should be interpreted with caution [42, 43].

Molecular diagnosis of parasitic diseases. Microscopic diagnosis of parasitic invasions was previously considered the “gold standard.” But it has substantial limitations related to the periodic release of microorganisms (as in giardiasis) or low levels of their presence (as in malaria or babesiosis). The development of molecular testing represented a step forward in the diagnosis of parasitic infections. One such technique was real-time polymerase chain reaction (PCR) for

the detection of babesiosis and malaria. Other new technologies have emerged, including nested multiplex PCR and loop-mediated isothermal amplification (LAMP), with high potential for detection and identification of blood-borne and enteric parasites. Molecular tests are playing an increasingly important role as an adjunct to traditional diagnosis of parasitic infections, and in some cases may even replace it [44–46].

Discussion. For most parasites, a complex life cycle is characteristic, proceeding in different hosts with shifting antigenic structures. A striking example is the malarial plasmodia, the life cycle of which proceeds predominantly in erythrocytes and hepatocytes. The main parasites with an intracellular phase in their life cycle include *Plasmodium*, *Trypanosoma cruzi*, *Leishmania* and *Cryptosporidium parvum* species [9–11].

The efficiency of pathogen neutralization and their subsequent elimination largely depends on the state of the innate and adaptive immune mechanisms. Despite the fact that various protozoa and helminths activate innate immune mechanisms, they are able to survive and multiply in the body of hosts [3, 4]. Different protozoa and helminths are extremely variable in their structural antigens and immunopathogenesis, so it is not surprising that they elicit different adaptive immune responses. With respect to protozoa, the same adaptive immunological reactions develop as against bacteria and viruses that use an intracellular type of parasitization. In contrast, multicellular organisms such as helminths use an extracellular type of parasitization, and their elimination often depends on the isotype of antibodies [5].

In most parasitic infestations, hypersensitivity reactions of the immediate (IHR) and delayed (DHR) types develop. For example, *Schistosoma mansoni* eggs deposited in the liver stimulate CD4⁺ T cells, which in turn activate macrophages and induce the development of DHR reactions. The latter lead to granule formation around the eggs. A feature of these granulomas is their association with Th2 responses. It is not uncommon for IHR and DHR reactions to be accompanied by autoimmune processes, which complicates immunopathogenesis and, especially, diagnosis. The latter is significantly complicated by the fact that most parasites have evolved multiple strategies that allow them to circumvent adaptive defenses. They include antigen masking, antigenic

variation, antigen removal, antigen mimicry, immunological diversion, and immunological subversion. In addition, by reducing their immunogenicity and suppressing host immune responses, parasites effectively evade immune control. That is why the accuracy of the diagnosis of parasitic infestations plays a key role for the selection of upcoming treatment tactics, methods, and types of prevention. The significant inaccuracy and low efficiency of microscopy-based laboratory diagnosis of parasite infestations are currently being compensated for by more specific and sensitive serological methods as well as molecular diagnostic methods for the direct determination of parasite antigens.

Conclusion. The complex antigenic structure, mechanisms of parasite evasion from the IS immune system and its suppression contribute to the development of chronic and persistent infections. The structural and antigenic diversity of parasites reflects on the heterogeneity of induced adaptive immune responses. Protozoa using intracellular parasitization are lysed by effector cells, and eosinophils are involved in the neutralization of extracellular parasites. The multistage life cycle of parasites allows them to escape the control of the immune system, and the immune responses that develop are often ineffective and do not eliminate the parasite from the macroorganism. Antigenic masking, mimicry, diversion, and variability also allow parasites to escape immune control.

Diagnosis of many parasitic infections is based on direct detection of the parasite in clinical material. Serological testing for parasitic infestations is limited, and the results of assays vary in sensitivity and specificity. Therefore, many of these tests should be only performed in reference laboratories. In the diagnosis of toxoplasmosis, matching of IgG, IgM, and IgA isotypes to *T. gondii* is used, which allow determining whether the infection is acute, chronic, or congenital. Determination of antibody avidity allows establishing whether IgG antibodies are the result of recent or transferred previous infection, which helps address the question of risk to the fetus.

To date, there are only a few commercial molecular tests available for the diagnosis of parasitic infections, and continuous advances in molecular technologies are likely to lead to the emergence of new diagnostic tests in the future, enhancing their diagnostic values and sensitivity.

Information about the authors:

Alexander V. Moskalev — Dr. of Sci. (Med.), Professor, Professor of the Department of Microbiology, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6Zh; ORCID: 0009-0004-5659-7464; e-mail: alexmav195223@yandex.ru

Vasily Ya. Apchel — Dr. of Sci. (Med.), Professor, Senior Researcher, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6Zh; Professor of the Department of Anatomy and Physiology of Humans and Animals, Herzen University; Russia, 199155, Saint Petersburg, Moika River Embankment, 48, Bldg. 3; ORCID: 0000-0001-7658-4856; e-mail: apchelvya@mail.ru

Andrey V. Apchel — Dr. of Sci. (Med.), dermatovenerologist, Esteprima LLC; Russia, 192007, Saint Petersburg, Prilukskaya Str., 25, Bldg. 1, office 1, room 10-H; ORCID: 0009-0000-0770-5335; e-mail: apchelandrey@mail.ru

Сведения об авторах:

Москалев Александр Витальевич — доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры микробиологии, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6Ж; ORCID: 0009-0004-5659-7464; e-mail: alexmav195223@yandex.ru

Апчел Василий Яковлевич — доктор медицинских наук, профессор, старший научный сотрудник, Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6Ж; профессор кафедры анатомии и физиологии человека и животных, Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена; Россия, 199155, Санкт-Петербург, Набережная реки Мойки, д. 48, корп. 3; ORCID: 0000-0001-7658-4856; e-mail: apchelvya@mail.ru

Апчел Андрей Васильевич — доктор медицинских наук, врач-дерматовенеролог, общество с ограниченной ответственностью «Эстеprima»; Россия, 192007, Санкт-Петербург, ул. Прилукская, д. 25, стр. 1, офис 1, пом. 10-Н; ORCID: 0009-0000-0770-5335; e-mail: apchelandrey@mail.ru

Author contribution. All authors according to the ICMJE criteria participated in the development of the concept of the article, obtaining and analyzing factual data, writing and editing the text of the article, checking and approving the text of the article.

Special contribution: AVM, VYaA contribution to the concept and plan of the study. AVM, AVA contribution to data collection. VYaA data analysis. AVM, VYaA, AVA contribution to the preparation of the manuscript.

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция и план исследования — А. В. Москалев, В. Я. Апчел; сбор данных — А. В. Москалев, А. В. Апчел; анализ данных — В. Я. Апчел; подготовка рукописи — А. В. Москалев, В. Я. Апчел, А. В. Апчел

Disclosure. The authors declare that they have no competing interests.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Funding: the study was carried out without additional funding.

Финансирование: исследование проведено без дополнительного финансирования.

Received/Поступила: 20.05.2026

Accepted/Принята к печати: 15.09.2026

Published/Опубликована: 30.09.2026

REFERENCES/LITERATURE

1. Abu-Shakra M., Buskila D., Yehuda Shoenfeld Y. Molecular mimicry between host and pathogen: examples from parasites and implication. *Immunol Lett*, 1999, Vol. 67, No. 2, pp. 147–152. doi: 10.1016/s0165-2478(99)00004-8.
2. Akira S., Uematsu S., Takeuchi O. Pathogen recognition and innate immunity. *Cell*, 2006, Vol. 124, No. 4, pp. 783–801. doi: 10.1016/j.cell.2006.02.015.
3. Maizels R. M., Smits H. H., McSorley H. J. Modulation of host immunity by helminths: the expanding repertoire of parasite effector molecules. *Immunity*, 2018, Vol. 49, No. 5, pp. 801–818. doi: 10.1016/j.immuni.2018.10.016
4. de Freitas E. O., Leoratti F. M., Freire-de-Lima C. G., et al. The contribution of immune evasive mechanisms to parasite persistence in visceral leishmaniasis. *Front Immunol*, 2016, Vol. 7, p. 153. doi: 10.3389/fimmu.2016.00153.
5. White M. P. J., McManus C. M., Maizels R. M. Regulatory T cells in helminth infection: induction, function and therapeutic potential. *Immunology*, 2020, Vol. 160, No. 3, pp. 248–260. doi: 10.1111/imm.13190.
6. Kurup S. P., Butler N. S., Harty J. T. T cell-mediated immunity to malaria. *Nat Rev Immunol*, 2019, Vol. 19, No. 7, pp. 457–471. doi: 10.1038/s41577-019-0158-z.
7. Bhattacharyya M. K., Norris D. E., Kumar N. Molecular players of homologous recombination in protozoan parasites: implications for generating antigenic variation. *Infect Genet Evol*, 2004, Vol. 4, No. 2, pp. 91–98. doi: 10.1016/j.meegid.2004.01.008.
8. Garcia L. S., Paltridge G. P., Shimizu R. Y. General approaches for detection and identification of parasites. In: Jorgensen J. H., Pfaller M. A., eds. *Manual of Clinical Laboratory Immunology*. 11th ed. Washington, DC: ASM Press; 2015, 2317–2337. doi: 10.1128/CMR.00025-17.
9. Khouri R., Bafica A., Silva Mda P., et al. IFN-beta impairs superoxide-dependent parasite killing in human macrophages: evidence for a deleterious role of SOD1 in cutaneous leishmaniasis. *J Immunol*, 2009, Vol. 182, No. 4, pp. 2525–2531. doi: 10.4049/jimmunol.0802860.

10. Montoya J. G., Remington J. S. Management of *Toxoplasma gondii* infection during pregnancy. *Clin Infect Dis*, 2008, Vol. 47, No. 4, pp. 554–566. doi: 10.1086/590149.
11. Moody A. Rapid diagnostic tests for malaria parasites. *Clin Microbiol Rev*, 2002, Vol. 15, No. 1, pp. 66–78. doi: 10.1128/CMR.15.1.66-78.2002.
12. Garcia L. S. Diagnostic Medical Parasitology. 5th ed. Washington, DC: ASM Press, 2007, pp. 567–591. doi: 10.1016/s0169-4758(97)01175-7
13. Dunne D. W., Butterworth A. E., Fulford A. J. H., et al. Immunity after treatment of human schistosomiasis: association between IgE antibodies to adult worm antigens and resistance to reinfection. *Eur Immunol*, 1992, Vol. 22, No. 6, pp. 1483–1494. doi: 10.1002/eji.1830220622.
14. Maddison S. E. Serodiagnosis of parasitic diseases. *Clin Microbiol Rev*, 1991, Vol. 4, No. 4, pp. 457–469. doi: 10.1128/CMR.4.4.457.
15. Donati D., Mok B., Chene A., et al. Increased B cell survival and preferential activation of the memory compartment by a malaria polyclonal B cell activator. *J Immunol*, 2006, Vol. 177, No. 5, pp. 3035–3044. doi: 10.4049/jimmunol.177.5.3035.
16. Jenkins S. J., Hewitson J. P., Jenkins G. R., et al. Modulation of the host's immune response by schistosome larvae. *Parasite Immunol*, 2005, Vol. 27, No. 10–11, pp. 385–393. doi: 10.1111/j.1365-3024.2005.00789.x.
17. Hagan P., Blumenthal U. J., Dunn D., et al. Human IgE, IgG4 and resistance to reinfection with *Schistosoma haematobium*. *Nature*, 1991, Vol. 349, pp. 243–45. doi: 10.1038/349243a0.
18. Chandra R. K. Immune responses in parasitic diseases. Part B: mechanisms. *Rev Infect Dis*, 1982, Vol. 4, No. 4, pp. 756–762.
19. Araujo F. G. Diagnosis of parasitic diseases. *Mem Inst Oswaldo Cruz Rio J*, 1988, 83 (suppl 1), pp. 464–465. doi: 10.1590/s0074-02761988000500048.
20. Barry J. D. The relative significance of mechanisms of antigenic variation in African Trypanosomes. *Parasitol Today*, 1997, Vol. 13, No. 6, pp. 212–218. doi: 10.1016/s0169-4758(97)01039-9.
21. Garcia L. S., Paltridge G. P., Shimizu R. Y. General approaches for detection and identification of parasites. In: Jorgensen JH, Pfaller MA, eds. *Manual of Clinical Laboratory Immunology*. 11th ed. Washington, DC: ASM Press, 2015, pp. 2317–2337. doi: 10.1128/9781555817381.ch135.
22. Yi-Xun He, Lin Chen, K. Ramaswamy. *Schistosoma mansoni*, *S. haematobium*, and *S. japonicum*: early events related to the penetration and migration of schistosomes through human skin. *Exp Parasitol*, 2002, Vol. 102, No. 2, pp. 99–108. doi: 10.1016/S0014-4894(03)00024-9.
23. Gower C. M., Gouvras A. N., Lamberton P. H., et al. Population genetic structure of *Schistosoma mansoni* and *Schistosoma haematobium* from across six sub-Saharan African countries: implications for epidemiology, evolution and control. *Acta Trop*, 2013, Vol. 128, No. 2, pp. 261–74. doi: 10.1016/j.actatropica.2012.09.014.
24. Гришина Е. А. Роль цитокинов в развитии иммунитета при гельминтозах // *Российский паразитологический журнал*. 2016, Т. 38, № 4. С. 1–7 [Grishina E. A. The role of cytokines in the immunity development at helminthiasis. *Russ. Journal of Parasitology*, 2016, Vol. 38, No. 4, pp. 1–7 (In Russ.)].
25. Начева Л. В., Кутихин А. Г. Генетика восприимчивости к гельминтозам у человека // *Российский паразитологический журнал*. 2016. Т. 37, № 3. С. 296–303 doi: 10.12737/21667 [Nacheva L. V., Kutikhin A. G. Genetics of susceptibility to human helminthiasis. *Russ. Journal of Parasitology*, 2016, Vol. 37, No. 3, pp. 296–303. (In Russ.)]. doi: 10.12737/21667
26. Abu-Shakra M., Shoenfeld Y. Parasitic infection and autoimmunity. *Autoimmunity*, 1991, Vol. 9, No. 4, pp. 337–344. doi: 10.3109/08916939108997136
27. Playfair J. H. L. Effective and ineffective immune responses to parasites: evidence from experimental models. *Curr Top Microbiol Immunol*, 1978, Vol. 80, pp. 37–64. doi: 10.1007/978-3-642-66956-9_2.
28. Zandman-Goddard G., Shoenfeld Y. Parasitic infection and autoimmunity. *Lupus*, 2009, Vol. 18, No. 13, pp. 1144–1148. doi: 10.1177/0961203309345735.
29. Москалёв А. В., Цыган В. Н., Четкин А. В. Лабораторные методы оценки иммунного статуса // *Медицинские лабораторные технологии. Руководство по клинической лабораторной диагностике*. 3-е изд., испр. и доп. Т. 2 / под ред. проф. А. И. Карпищенко. М.: Гэотар-Медиа; 2013. С. 243–328 [Moskalev A. V., Tsygan V. N., Chechetkin A. V. Laboratory methods for assessing immune status. *Medical laboratory technologies. Guidelines for clinical laboratory diagnostics*. 3rd ed., corrected and expanded, Vol. 2 / Edited by prof. A. I. Karpishchenko. M.: Geotar-Media; 2013. pp. 243–328 (In Russ.)].
30. Collier L., Balows A., Sussman M. *Topley and Wilson's Microbiology and Microbial Infections*. 9th ed. New York: Oxford University Press; 1998, 1501 p.
31. Pappas M. G. Recent applications of the Dot-ELISA in immuno-parasitology. *Vet Parasitol*, 1988, Vol. 29, No. 2, pp. 105–129. doi: 10.1016/0304-4017(88)90120-3.
32. Dunn D., Wallon M., Peyron F., et al. Mother-to-child transmission of toxoplasmosis: risk estimates for clinical counseling. *Lancet*, 1999, Vol. 353, No. 9167, pp. 1829–1833.
33. Jones J. L., Kruszon-Moran D., Elder S., et al. *Toxoplasma gondii* infection in the United States, 2011–2014. *Am J Trop Med Hyg*, 2018, Vol. 98, No. 2, pp. 551–557. doi: 10.4269/ajtmh.17-0677.
34. Lappalainen M., Koskela P., Koskinen M., et al. Toxoplasmosis acquired during pregnancy: improved serodiagnosis based on avidity of IgG. *J Infect Dis*, 1993, Vol. 167, No. 3, pp. 691–697. doi: 10.1093/infdis/167.3.691.
35. Bjerkas I. Neuropathology and host-parasite relationship of acute experimental toxoplasmosis of the blue fox (*Alopex lagopus*). *Vet Pathol*, 1990, Vol. 27, No. 6, pp. 381–390. doi: 10.1177/030098589902700601.
36. Hedman K., Lappalainen M., Seppala I., Makela O. Recent primary *Toxoplasma* infection indicated by a low avidity of specific IgG. *J Infect Dis*, 1989, Vol. 159, No. 4, pp. 736–739. doi: 10.1093/infdis/159.4.736.

37. Lappalainen M., Koskiniemi M., Hiilesmaa Y., et al. Outcome of children after maternal primary *Toxoplasma* infection during pregnancy with emphasis on avidity of specific IgG. *Pediatr Infect Dis J*, 1995, Vol. 14, No. 5, pp. 354–356. doi: 10.1097/00006454-199505000-00004
38. Liesenfeld O., Montoya J. G., Kinney S., et al. Effect of testing for IgG avidity in the diagnosis of *Toxoplasma gondii* infection in pregnant women: experience in a US reference laboratory. *J Infect Dis*, 2001, Vol. 183, No. 8, pp. 1248–1253. doi: 10.1086/319672
39. Murray C. J., Rosenfeld L. C., Lim S. S., et al. Global malaria mortality between 1980 and 2010: a systematic analysis. *Lancet*, 2012, Vol. 379, pp. 413–31. doi: 10.1016/S0140-6736(12)60034-8.
40. Swan H., Sloan L., Muyombwe A., et al. Evaluation of a real-time polymerase chain reaction assay for the diagnosis of malaria in patients from Thailand. *Am J Trop Med Hyg*, 2005, Vol. 73, No. 5, pp. 850–854. doi: 10.4269/AJTMH.2005.73.850.
41. Pelloux H., Bran E., Vemet G., et al. Determination of anti- *Toxoplasma gondii* immunoglobulin G avidity: adaptation to the Vidas system (bioMe'rieux). *Diagn Microbiol Infect Dis*, 1998, Vol. 32, No. 2, pp. 69–73. doi: 10.1016/s0732-8893(98)00077-7. Salzet M., Capron A., Stefano G. B. Molecular crosstalk in host-parasite relationships: schistosome- and leech-host interactions. *Parasitol Today*, 2000, Vol. 16, No. 12, pp. 536–540. doi: 10.1016/s0169-4758(00)01787-7.
42. Vaillant M. T., Philipp F., Neven A., et al. Diagnostic tests for human *Schistosoma mansoni* and *Schistosoma haematobium* infection: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Microbe*, 2024, Vol. 5, No. 4, pp. e366–378. doi: 10.1016/S2666-5247(23)00377-4.
43. Persing D., Mathiesen D., Marshall W. F., et al. Detection of *Babesia microti* by polymerase chain reaction. *Clin Microbiol*, 1992, Vol. 30, No. 8, pp. 2097–2103. doi: 10.1128/jcm.30.8.2097-2103.1992.
44. Lin M. H., Chen T. C., Kuo T. T., et al. Real-time PCR for quantitative detection of *Toxoplasma gondii*. *J Clin Microbiol*, 2000, Vol. 38, No. 11, pp. 4121–4125. doi: 10.1128/JCM.38.11.4121-4125.2000.
45. Shimizu R. Y., Garcia L. S. Specimen collection, transport, and processing. In: Jorgensen J.H., Pfaller M.A., eds. *Manual of Clinical Laboratory Immunology*. 11th ed. Washington, DC: ASM Press; 2015, pp. 2293–2309. doi: 10.1128/9781555817381.ch133.

МНОГОФАКТОРНОЕ ВЛИЯНИЕ ДЕФИЦИТА ВИТАМИНА D НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

¹О. В. Дискаленко, ¹А. Б. Изотова*, ¹А. Н. Кучмин, ²З. А. Левченко, ²А. Н. Ятманов,

¹ Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

² 40-й Государственный научно-исследовательский институт аварийно-спасательного дела,
водолазных и глубоководных работ Минобороны России, Санкт-Петербург, Россия

ВВЕДЕНИЕ. В статье представлены результаты многочисленных исследований, в том числе зарубежных, посвященных изучению роли витамина D в функционировании различных органов и систем, обеспечении физиологических процессов и возникновении патологических изменений при его дефиците. Учитывая тот факт, что витамин D вырабатывается под воздействием солнечного света, недостаток которого испытывает личный состав экипажей подводных лодок и надводных кораблей, значимость этих исследований важна для практического применения в морской медицине.

ЦЕЛЬ. Обобщить данные о роли витамина D в функционировании систем организма человека, провести анализ представленных многоцентровых исследований влияния дефицита витамина D на возникновение различных заболеваний и предложить некоторые меры профилактики, направленные на компенсацию при его выявлении.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Рассмотрены материалы научных исследований, посвященных изучению роли витамина D в метаболизме организма человека, приведены рекомендации, в том числе клинические, по выявлению дефицита витамина D у взрослых. Поиск и анализ научной медицинской литературы осуществлялся за период с 2004 по 2025 г. в базах данных: научная электронная библиотека eLibrary.ru, Российская национальная библиотека, Фундаментальная библиотека Военно-медицинской академии им. С. М. Кирова, электронная поисковая система PubMed. Проанализировано в общей сложности более 70 публикаций. Ключевыми словами-запросами являлись: дефицит витамина D, холекальциферол, влияние витамина D на организм человека.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Анализ литературных источников показал, что витамин D играет существенную роль не только в фосфорно-кальциевом обмене и формировании скелета, но также занимает важное место в метаболических процессах, иммунитете, и как прямо, так и опосредованно через указанные звенья патогенеза, связанные с нарушением обмена веществ и иммунного ответа, влияет на общесоматическую заболеваемость.

ОБСУЖДЕНИЕ. Полученные данные в результате аналитического обзора научной литературы подтверждают необходимость контроля содержания в крови уровня витамина D у специалистов Военно-Морского Флота Российской Федерации (ВМФ). При выявлении его дефицита необходима коррекция суточного потребления пищевых продуктов, являющихся источником витамина D. Целесообразно рекомендовать физиопроцедуры, стимулирующие выработку витамина D под воздействием искусственного ультрафиолета. Кроме того, в индивидуальном порядке возможно периодическое применение в суточном рационе разрешенных пищевых биологически активных добавок, содержащих источник витамина D и кальций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Понимание комплексного воздействия на организм витамина D необходимо для профилактики его дефицита у экипажей надводных кораблей и подводных лодок, которое направлено на то, чтобы уменьшить риск развития общесоматической патологии, снизить заболеваемость и способствовать повышению работоспособности специалистов ВМФ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, витамин D, холекальциферол, многофакторное влияние витамина D, профилактика дефицита

*Для корреспонденции: Изотова Анна Борисовна, e-mail: suave77@mail.ru

*For correspondence: Izotova A.B., e-mail: suave77@mail.ru

Для цитирования: Дискаленко О. В., Изотова А. Б., Кучмин А. Н., Левченко З. А., Ятманов А. Н. Многофакторное влияние дефицита витамина D на физиологические процессы // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 3. С. 18–29, <https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-18-29>; EDN: <https://elibrary.ru/QEIXAU>

© Авторы, 2026. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины» Федерального медико-биологического агентства. Данная статья распространяется на условиях открытого доступа в соответствии с лицензией CCBY-NC-SA 4.0 («Attribution-NonCommercial-ShareAlike» / «Атрибуция-Некоммерчески-Сохранение Условий» 4.0), которая разрешает неограниченное некоммерческое использование, распространение и воспроизведение ее на любом носителе при указании автора и источника. Чтобы ознакомиться с полными условиями данной лицензии на русском языке, посетите сайт: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.ru>

For citation: Diskalenko O. V., Izotova A. B., Kuchmin A. N., Levchenko Z. A., Yatmanov A. N. Multiple effects of vitamin D deficiency on physiological processes // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 3. P. 18–29, doi: <https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-18-29>; EDN: <https://elibrary.ru/QEIXAU>

MULTIPLE EFFECTS OF VITAMIN D DEFICIENCY ON PHYSIOLOGICAL PROCESSES

¹*Olga V. Dyskalenko, ¹Anna B. Isotova*, ¹Alexey N. Kuchmin, ²Zemfira A. Levchenko, ²Alexey N. Yatmanov*

¹Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

² 40 State Research Institute emergency rescue, diving, and deep-sea operations of the Russian Ministry of Defense, Saint Petersburg, Russia

INTRODUCTION. The article presents the results of numerous studies, including foreign ones, devoted to the study of the role of vitamin D in functioning various organs and systems, the provision of physiological processes, and the occurrence of pathological changes in its deficiency. Given the fact that vitamin D is produced by exposure to sunlight, the deficiency of which is experienced by the personnel of submarine and surface vessel crews, the significance of these studies is important for practical application in maritime medicine.

OBJECTIVE. To summarize the data on the role of vitamin D in functioning human body systems, to analyze the presented multicenter studies of the effect of vitamin D deficiency on the occurrence of various diseases and to suggest some preventive measures aimed at compensating when detected.

MATERIALS AND METHODS. The article reviewed materials of scientific studies devoted to the study of the role of vitamin D in the metabolism of the human body, and gave recommendations, including clinical, on the detection of vitamin D deficiency in adults. The search and analysis of the scientific medical literature was carried out for the period from 2004 to 2025. in databases: scientific electronic library eLibrary.ru, Russian National Library, Fundamental Library of the Military Medical Academy. S. M. Kirova, electronic search engine PubMed. A total of more than 70 publications were analyzed. Keyword queries were: vitamin D deficiency, cholecalciferol, effect of vitamin D on the human body.

RESULTS. The analysis of literature sources showed that vitamin D plays an essential role not only in phosphorus-calcium metabolism and skeletal formation, but also in metabolic processes, immunity, and both directly and mediatedly through the mentioned links of pathogenesis related to impaired metabolism and immune response overall somatic morbidity.

DISCUSSION. The data obtained as a result of an analytical review of the scientific literature confirm the need to control the blood content of vitamin D levels in specialists of the Navy of the Russian Federation (Navy). When its deficiency is identified, it is necessary to adjust the daily intake of foods that are a source of vitamin D. It is advisable to recommend physical procedures that stimulate the production of vitamin D under artificial ultraviolet exposure. In addition, on an individual basis, periodic use in the daily diet of approved food biologically active supplements containing a source of vitamin D and calcium is possible.

CONCLUSION. Understanding the comprehensive effects of vitamin D on the body is necessary for the prevention of its deficiency in surface ship and submarine crews, which aims to reduce the risk of developing general somatic pathology, reduce morbidity and promote the performance of specialists.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, vitamin D, cholecalciferol, multifactorial effect of vitamin D, deficiency prevention

Введение. Служба на Военно-Морском Флоте Российской Федерации (ВМФ) связана с воздействием на организм военнослужащих большого количества факторов, среди которых: воздействие неблагоприятного климата, длительное пребывание в замкнутых помещениях с искусственным освещением, недостаток солнечного света и другие [1]. Перечисленные факторы обуславливают повышенное потребление организмом витаминов, участвующих в метаболических процессах, скорость которых при напряжении компенсаторных физиологических функций организма увели-

чивается, что может привести к возникновению гиповитаминоза.

Помимо повышенного потребления организмом витаминов, имеет значение низкое поступление их с пищей ввиду однообразия пищевого рациона, длительного и неправильного хранения овощей и фруктов в дальних походах и т. п. Анализ действующих продовольственных пайков экипажей надводных кораблей показывает, что многие из них по ассортименту продуктов, химическому составу и энергетической ценности не в полной мере отвечают потребностям организма военнослужащих

в энергии и питательных веществах [2]. Это касается содержания и сбалансированности белков, особенно животного происхождения, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов. При этом, как известно, разрушение именно витаминов при длительном и неправильном хранении продуктов происходит быстрее всего.

Проблема гиповитаминоза как важного показателя состояния здоровья до настоящего времени остается актуальной не только для военнослужащих, но и для населения страны в целом. Исследования, проведенные Институтом питания Российской академии медицинских наук, показали, что у 40–80 % населения России выявляется недостаток целого ряда витаминов: группы В, витамина С, фолиевой кислоты, витамина D и ряда других, сопровождавшийся дефицитом кальция, калия, йода, фтора. Также было установлено, что у 20 % молодых людей рацион дефицитен по большинству витаминов [3].

Аналогичные данные приводятся по распространенности гиповитаминоза D в мире. D. Grimes [4] указывает на то, что гиповитаминоз D имеет место почти у половины населения Земли. Показано, что роль витамина D, активная форма которого является гормоном, важна не только в регуляции минерального обмена. Недостаток витамина D является фактором риска развития гипертонической болезни, аутоиммунных заболеваний, злокачественных опухолей, нарушений репродуктивной функции у женщин, психических заболеваний (деменция, депрессии). Отмечается положительная корреляция между низким уровнем витамина D и смертностью от сердечно-сосудистых заболеваний, а также возрастом частоты развития хронических форм респираторных инфекций [5].

Одним из неблагоприятных факторов, которые испытывают члены экипажей надводных кораблей и подводных лодок (далее — военнослужащие ВМФ), является недостаток солнечного света. Учитывая, что выработка витамина D происходит под влиянием солнечного света, мы проанализировали имеющиеся данные о возможных последствиях воздействия дефицита этого витамина на общесоматическую заболеваемость, и предложили возможные меры профилактики.

Цель. Обобщить данные о роли витамина D в функционировании систем организма чело-

века, проанализировать многоцентровые исследования влияния дефицита витамина D на возникновение различных заболеваний и предложить меры, направленные на компенсацию дефицита при его выявлении.

Материалы и методы. Рассмотрены материалы научных исследований, посвященных изучению роли витамина D в метаболизме организма человека, приведены рекомендации, в том числе клинические, по выявлению дефицита витамина D у взрослых. Поиск и анализ научной медицинской литературы осуществлялся за период с 2004 г. по 2025 г. в базах данных: научная электронная библиотека eLibrary.ru, Российская национальная библиотека, Фундаментальная библиотека Военно-медицинской академии им. С. М. Кирова, электронная поисковая система PubMed. Проанализировано в общей сложности более 70 публикаций. Ключевыми словами-запросами являлись: дефицит витамина D, холекальциферол, влияние витамина D на организм человека.

Результаты. Многочисленные опубликованные клинические и экспериментальные исследования свидетельствуют о том, что низкий уровень содержания в крови витамина D высоко ассоциирован с риском развития инфекционных, хронических воспалительных, аллергических, аутоиммунных, некоторых неопластических заболеваний [6–8]. В соответствии с клиническими рекомендациями, для определения содержания витамина D в крови используется 25-гидроксивитамин D (25(OH)D) [9]. В то же время следует отметить, что его уровень в сыворотке крови выше 100 нг/мл может привести к развитию гипervитаминоза D. Показатели уровня 25(OH)D в крови представлены в табл. 1.

Однако существуют группы риска, для которых значения 25(OH)D должны быть выше. Это беременные или кормящие женщины, лица, страдающие остеопорозом, вторичным гиперпаратиреозом, хроническими заболеваниями почек, а также лица с повышенным потреблением 25(OH)D, связанным с высоким напряжением функциональных систем организма из-за отсутствия солнечного света и повышенными нагрузками на организм. К этой категории относятся в том числе военнослужащие ВМФ — члены экипажей надводных кораблей и подводных лодок, участвующих в длительных походах.

В соответствии с Международной классификацией болезней и проблем (МКБ-11) выделя-

Таблица 1

Классификация уровней 25 (ОН)D в соответствии с рекомендациями Российской ассоциации эндокринологов

Table 1

Classification of 25(OH)D levels according to the recommendations of the Russian Association of Endocrinologists

Классификация	Уровень 25(ОН)D
Выраженный дефицит витамина D	< 10 нг/мл (< 25 нмоль/л)
Дефицит витамина D	< 20 нг/мл (< 50 нмоль/л)
Недостаточность витамина D	≥ 20 и < 30 нг/мл (≥ 50 и < 75 нмоль/л)
Целевые уровни витамина D	30–60 нг/мл (75–150 нмоль/л)
Адекватные уровни витамина D	30–100 нг/мл (75–250 нмоль/л)
Уровни с возможным проявлением токсичности витамина D	> 100 нг/мл (> 250 нмоль/л)

ют несколько нозологических форм, связанных с дефицитом витамина D:

- E55 — недостаточность витамина D;
- E55.9 — недостаточность витамина D неуточненная;
- M83 — остеопороз у взрослых.

О высокой распространенности дефицита витамина D сообщают многочисленные источники. Так, по опубликованным данным, его уровень составляет в США 69,5 %, а в Европе — 86,4 % [10]. Одно из крупнейших исследований, результаты которого опубликованы в 2023 г., проведено учеными Сианьского университета Цзяотун (Китай) [11]. Оно было зарегистрировано в системе Prospero (CRD42021292586) и включало изучение 67 340 доступных мировой научной общественности источников, в которые было вовлечено в общей сложности 7 947 359 участников из 81 страны мира. Период наблюдений составлял с 2011 по 2022 г. Было обнаружено, что во всем мире 15,7 % имеют уровень 25(ОН)D ниже 30 нмоль/л, 47,9 % — ниже 50 нмоль/л, 76,6 % — ниже 75 нмоль/л.

Многие авторы приводят данные о недостаточности витамина D у 65 % пожилого населения мира. Даже в тропических странах, таких как Бразилия, где большую часть года преобладающим является количество солнечных дней, обнаруживается дефицит витамина D практически у четверти населения, а распространенность недостаточности достигает почти половины населения [12, 13].

Тревога, которую отражают исследователи, связана с тем, что, по данным 2014 г., 9,4 % всех смертей в Европе и 12,8 % смертей в США могли быть ассоциированы с дефицитом витамина

D [14, 15], то есть он является одним из важнейших факторов, влияющих на общую продолжительность жизни.

Снижение насыщенности организма витамином D, наблюдаемое во всем мире, связано также с неправильным образом жизни, социально-экономическими причинами, факторами окружающей среды, временем года и прочими [16]. Среди них: ухудшение экологической картины в мире, загрязнение воздуха, низкая подверженность воздействию УФО-излучения, низкое потребление продуктов, богатых витамином D, употребление пищевых добавок, лекарственных препаратов, таких как противосудорожные препараты, глюкокортикоиды. Увеличение числа пациентов с ожирением, изменениями микробиоты кишечника и в целом увеличение доли пожилых людей также приводят к повышению актуальности гиповитаминоза D. Кроме того, использование солнцезащитных кремов уменьшает выработку холекальциферола в коже. Солнцезащитный фактор 8 снижает фотопродуцирование витамина D на 80 %, а солнцезащитный фактор 30 снижает его на 99 % [13].

Изучение роли витамина D и его механизмов влияния на различные функции организма проходило поэтапно. Описание признаков рахита и остеопороза в трактатах и литографиях известно с начала 1600-х годов. Данное описание характерно для деформации костей при дефиците витамина D [17, 18]. С этого времени потребовалось еще более двух столетий, чтобы ученые определили химическую структуру двух основных форм молекулы витамина D и выяснили роль солнечного света. За от-

крытие структуры витамина D3 и ряда других стероидов Адольф Виндаус был удостоен Нобелевской премии по химии в 1928 г. [19]. И только в 1967 г. был впервые описан метаболизм витамина D и открыты его активные формы. Далее в течение почти полувека было изучено, что витамин D обладает своим собственным спектром специфических механизмов, состоящих из транспортных белков, метаболических ферментов и рецепторов витамина D (Vitamin D Receptor — VDR), обнаруженных в 38 типах клеток, в том числе и в гладкомышечных клетках сосудов, кардиомиоцитах и эндотелиальных клетках, которые опосредуют действие витамина D не только на кости, но и во многих других тканях тела, где он оказывает множество различных плеiotропных эффектов [20].

Витамин D — это общее название, используемое для обозначения группы жирорастворимых соединений эндогенного или экзогенного происхождения, обладающих физиологическими характеристиками гормона. К группе витамина D относится шесть стероидов (витамины D1, D2, D3, D4, D5 и D6). Ключевую роль в организме человека играют два из них: витамин D3, известный как холекальциферол — животного происхождения, образуется в коже под действием ультрафиолетовых лучей; и витамин D2, называемый эргокальциферолом — растительного или грибкового происхождения. В купферовских клетках печени и далее в проксимальных канальцах почек происходит преобразование их в активные метаболиты. Посредством двухэтапного процесса гидроксилирования при участии 1-альфа-гидроксилазы и транспортных белков образуется 25-ОН-D, или кальцидиол, а затем более активная гормональная форма 1,25(ОН)2D, или кальцитриол, а также 24,25(ОН)2D. Роль метаболита 24,25(ОН)2D противоречива. Считается, что он участвует в катаболизме производных витамина D и детоксикации его избыточного количества [21].

Кальцитриол поддерживает уровень кальция в сыворотке крови в узком диапазоне, регулируя этот процесс в костях и кишечнике. На скорость образования кальцитриола влияет сывороточная концентрация кальция, фосфора и паратиреоидного гормона (ПТГ). На концентрацию ПТГ в свою очередь по механизму обратной связи влияет как уровень витамина D3, так и концентрация ионизированного кальция в плазме крови. Достаточный уровень

концентрации ионов кальция и фосфора сыворотки крови обеспечивает адекватную минерализацию костной ткани через регуляцию рецепторов остеобластов и остеокластов [22]. Предполагается, что ренальный путь получения кальцитриола направлен на осуществление «классических» функций витамина D в кальциево-фосфорном обмене.

Существует и экстраренальная продукция этого метаболита в иммунных, эпителиальных клетках организма, костной ткани, эндотелии сосудов, паратиреоидных железах, слизистой оболочке кишечника, осуществляющая паракринную функцию. Именно она создает связь с реализацией различных биологических эффектов, являющихся на сегодняшний день предметом многочисленных исследований. Таким образом, исследования последних лет сформировали представление о витамине D как о гормоне, обеспечивающем эффект как на генном, так и негенном уровне, обладающим эндокринным, паракринным и аутокринным эффектами [23].

Накопленные данные экспериментальных, клинических и эпидемиологических исследований позволяют утверждать, что недостаточность витамина D связана с высоким риском развития сердечно-сосудистых заболеваний, включая атеросклероз и артериальную гипертензию, сахарного диабета, метаболического синдрома, хронических воспалительных заболеваний, неврологической патологии и онкологических заболеваний [24–28].

Исследования показали, что связь витамина D с метаболическими и сердечно-сосудистыми нарушениями, по-видимому, двунаправленная: например, ожирение может усугубить дефицит витамина D, и наоборот, дефицит витамина D может усугубить ожирение и связанные с ним метаболические и сердечно-сосудистые осложнения за счет множества механизмов, многие из которых до сих пор полностью не объяснены с биохимической точки зрения [29]. В качестве одного из механизмов влияния витамина D выступает его участие в подавлении окислительного стресса за счет снижения уровня системных медиаторов воспаления при сердечно-сосудистых заболеваниях и высвобождения противовоспалительных цитокинов иммунной системы [30].

Исследования на животных и людях показали, что кальцитриол снижает поглощение холестерина макрофагами, тем самым подавляя его

отложение в эндотелии, а также облегчает выход иммунных клеток из атеросклеротической бляшки и уменьшает фиброз. Проведенные исследования продемонстрировали, что добавки витамина D снижают риск сердечно-сосудистых заболеваний, улучшают липидный профиль и качество жизни [31]. Как сообщали американские исследователи в 2016 г., у более 20 000 обследованных ими взрослых пациентов дефицит 25(OH)D в сыворотке коррелировал со значительно более низким уровнем холестерина липопротеинов высокой плотности в сыворотке (-5,1 %) и более высоким уровнем атерогенного липидного профиля: общего холестерина (+9,4 %), холестерина липопротеинов очень низкой плотности (+19,0 %) [26].

В метаанализе с участием 850 000 человек приведены данные устойчивой связи между низким уровнем витамина D и повышенным риском сердечно-сосудистых заболеваний, включая артериальную гипертензию, кардиомиопатию, застойную сердечную недостаточность, инсульт и даже сердечно-сосудистую смертность [33].

Используя данные исследований NHANES, X. Chen и соавт. изучили возможное влияние статуса витамина D на смертность от всех причин и влияние на сердечно-сосудистую систему у пациентов с гиперлипидемией. В моделях, скорректированных с учетом множества факторов (включая возраст, пол, расу, этническую принадлежность, курение и индекс массы тела), уровень витамина D в сыворотке был идентифицирован как независимый фактор смертности от всех причин и смертности от сердечно-сосудистых заболеваний [33].

Обратная связь между уровнем витамина D и смертностью может быть объяснена несколькими различными механизмами. Во-первых, это влияние витамина D на ряд биологических реакций, связанных с клеточным ростом, пролиферацией, апоптозом и функциями иммунной системы, а также влияние витамина D на регуляцию очень большого количества генов (около 3 % генома), прямо или косвенно имеющих рецепторы к витамину D. И наконец, положительная связь между концентрацией витамина D и большей длиной теломер лейкоцитов, потенциальной детерминантой возрастных нарушений и общей продолжительности жизни, подчеркивает возможное благотворное влияние витамина D [10].

Влияние патогенетической терапии витамином D на функцию эндотелия изучено недостаточно. Многие наблюдательные и проспективные исследования демонстрируют корреляцию между гиповитаминозом D, повышенным уровнем маркеров окислительного стресса и значительным утолщением общей сонной интимы — частым индикатором сердечно-сосудистой дисфункции [34, 35]. В своих исследованиях A. B. Elmoselhi с соавт. показали влияние гиповитаминоза D на риск развития сердечно-сосудистых заболеваний за счет формирования сосудистой дисфункции [36].

Недавние исследования *in vitro* продемонстрировали, что положительное влияние витамина D на функцию эндотелия может быть связано с активацией фермента синтетазы оксида азота и фактора роста эндотелия, ингибированием молекул адгезии, миграцией макрофагов, а также с пролиферацией мышечных клеток, снижением окислительного стресса и выработкой провоспалительных цитокинов [35].

В современной литературе активно обсуждается влияние дефицита витамина D на развитие артериальной гипертензии. Исследования на животных убедительно доказали эффект витамина D как мощного негативного эндокринного регулятора в подавлении экспрессии генов ренина и активности ренин-ангиотензиновой системы [37, 38]. По данным Национального центра статистики здравоохранения США и программы NHANES, проводимой в 2001–2006 гг. с участием более 5000 подростков, была выявлена обратная связь между уровнем кальцидиола в сыворотке и систолическим артериальным давлением [39]. Было отмечено, что на каждые 10 нмоль/л повышения уровня 25(OH)D в сыворотке крови наблюдалось соответствующее снижение диастолического артериального давления ($p = 0,02$), независимо от индекса массы тела [40].

Активная форма витамина D увеличивает кишечную абсорбцию кальция и его внеклеточную концентрацию, косвенно подавляя секрецию паратиреоидного гормона, а также оказывает прямое ингибирующее действие на транскрипцию генов в паращитовидных железах. Как показано в мультиэтническом исследовании MESA, проведенном в 2014 г., при дефиците витамина D происходит повышение уровня паратиреоидного гормона и, как следствие, усиление канальцевой реабсорбции

кальция в почках и его мобилизации из кости посредством остеокластической стимуляции [41, 42].

Согласно мнению многих ученых, гиповитаминоз D тесно связан с ожирением. Отрицательную связь можно объяснить как более сидячим образом жизни и редким пребыванием на солнце этих людей, снижением биодоступности витамина D в жировой ткани, так и повышенным уровнем паратиреоидного гормона за счет увеличения внутриклеточной концентрации кальция в адипоцитах и стимулирования липогенеза [43–45].

K. S. Vimalaswaran и его коллеги в 2013 г. провели двунаправленное менделевское рандомизированное исследование и проанализировали 21 когорту из 42 024 пациентов, продемонстрировав, что ожирение следует рассматривать как важный фактор риска примерно одной трети случаев дефицита витамина D [46].

В 2015 г. метаанализ показал, что распространенность дефицита витамина D у людей с ожирением и избыточным весом была соответственно на 35 % и 24 % выше по сравнению с людьми с нормальным индексом массы тела [47, 48]. Такая связь между индексом массы тела и гиповитаминозом D описана и в «солнечных» странах. M. D. Unger и соавт. наблюдали высокую распространенность гиповитаминоза D у здоровых взрослых бразильцев и показали отрицательную связь между уровнем витамина D в сыворотке и индексом массы тела [49]. Роль витамина D как иммуномодулятора и антиоксиданта предложена в качестве одного из механизмов противодействия ожирению [50].

Интересно отметить, что несколько долгосрочных исследований выявили обратную корреляцию между уровнем витамина D и возникновением сахарного диабета. Механизмы, с помощью которых снижение концентрации витамина D может вызвать сахарный диабет 2-го типа, до конца не изучены. Имеются данные о том, что витамин D напрямую стимулирует секрецию инсулина поджелудочной железой [51]. Кроме того, показана высокая значимость 25(OH)D в регуляции иммунной системы, о чем свидетельствует более высокая распространенность гиповитаминоза D у пациентов с аутоиммунными заболеваниями (например, болезнью Крона, ревматоидным артритом, волчанкой и рассеянным склерозом) и некоторыми типами рака (например, толстой кишки,

простаты, молочной и поджелудочной желез). Была высказана гипотеза, что обострение воспалительных реакций, которые сопровождают гиповитаминоз D, может способствовать ухудшению резистентности к инсулину [52–55].

Рецепторы витамина D называются VDR. Они экспрессируются почти во всех ядродержащих клетках. Их геномная активация регулирует большое количество генов, благодаря чему витамин D может оказывать влияние на многие ткани [57]. Известно, что VDR присутствует в Т-лимфоцитах, и что кальцитриол является ингибитором пролиферации и активации Т-клеток. Витамин D подавляет воспаление, вызванное Т-клетками, и усиливает действие подавляющих Т-регуляторных клеток. Подобные противовоспалительные эффекты влияния витамина D на Т-клетки активно изучаются для объяснения связи между гиповитаминозом D, воспалением и аутоиммунными процессами [58–60].

Не менее важным является влияние витамина D на репродуктивную систему как на мужскую, так и на женскую. В исследованиях на животных выявлено, что репродукция самцов нарушена у мышей с нулевым VDR, а 1,25(OH) напрямую ингибирует экспрессию гена ароматазы. Это согласуется с несколькими исследованиями на грызунах и людях, демонстрировавшими важную роль фермента ароматазы в репродукции. Известно, что низкий статус витамина D во время беременности является повышенным риском для матери и ребенка. Канадское исследование показало, что добавление витамина D может снизить риск преэклампсии, увеличить средний вес ребенка при рождении и уменьшить риск малого веса новорожденного [61].

Многочисленные клинические исследования выявили связь между дефицитом витамина D и повышенным риском инфекций, особенно верхних дыхательных путей [62, 63]. Наблюдательные и интервенционные исследования ясно продемонстрировали возможную связь между гиповитаминозом D и хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ) [64]. Связь между недостаточностью витамина D и инфекциями интуитивно отмечали еще в 1800-х годах, когда было признано, что солнечный свет полезен для пациентов, страдающих туберкулезом. Было обнаружено, что кальцитриол ингибирует рост *Mycobacterium tuberculosis* в культивируемых макрофагах человека. Однако результаты дру-

гих клинических испытаний неоднозначны. Исследование ViDA не показало позитивного эффекта добавок витамина D на острые респираторные инфекции у пожилых людей, другое европейское исследование DO-HEALTH пришлось к таким же выводам [65].

Еще одним показанием, при котором добавление витамина D может иметь терапевтический эффект, является лечение больных с воспалительными заболеваниями кишечника, в частности болезнью Крона, когда из-за хронического воспаления нарушается всасывание витамина D в кишечнике. Новые исследования открывают роль VDR в патогенезе болезни Крона. Недавнее исследование GWAS (полногеномный поиск ассоциаций — Genome-wide association study) с участием 1812 человек связало варианты гена VDR с изменениями в микробиоме кишечника человека [57]. Исследование также показало, что VDR был повышен в биопсиях толстой кишки пациентов с воспалительными заболеваниями кишечника, включая пациентов с болезнью Крона. Ретроспективные когортные исследования пришли к выводу, что дефицит витамина D был распространен среди пациентов с болезнью Крона и связан с повышенными уровнями маркеров воспаления кишечника. Эти результаты дают убедительную поддержку для проведения крупномасштабных рандомизированных исследований для изучения терапевтической эффективности добавок витамина D при болезни Крона.

Печень, легкие и почки также являются возможными органами-мишенями для действия витамина D. Хотя печень имеет очень низкий или неопределяемый уровень экспрессии VDR, звездчатые клетки печени являются явной мишенью, поскольку селективная делеция VDR вызывает фиброз печени и состояние неалкогольной болезни печени. Почки являются основным органом в гомеостазе витамина D, а заболевания почек часто связаны с более низкими концентрациями как кальцидиола, так и кальцитриола [66].

Обсуждение. Множество доклинических данных подтверждает возможную роль $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ в развитии клеточного цикла и контроле роста опухоли. Низкий уровень витамина D тесно связан с раком толстой кишки. Однако существующие интервенционные исследования до сих пор не смогли продемонстрировать явную пользу добавок витамина D на заболеваемость или

развитие основных видов рака у человека. Семь из восьми исследований, посвященных различным видам рака, охватывающих в общей сложности более 100 000 пациентов, не обнаружили связи между генетически более низкими концентрациями 25OHD в сыворотке и общей или органоспецифической заболеваемостью или смертностью от рака [68, 69].

За последние десятилетия гиповитаминоз D стал горячей темой для многих ученых, результаты исследований противоречивы. Менделевская рандомизация — это зарекомендовавший себя генетический эпидемиологический метод, оценивающий связь генетически сниженных уровней витамина D с повышенным риском некоторых заболеваний. Для этого используют однонуклеотидные полиморфизмы (SNP), которые связаны с уровнями 25OHD в исследованиях ассоциаций по всему геному (GWAS). Обнаружение более 150 генетических вариантов, связанных с витамином D, объясняют значимую дисперсию витамина D (~10,5%) на генетическом уровне [70].

Многочисленные исследования с менделевской рандомизацией продолжаются, и они смогут помочь в решении вопроса о значении витамина D. С появлением крупномасштабных GWAS ожидается, что будут опубликованы более мощные исследования менделевской рандомизации витамина D. Новые изыскания должны найти причинно-следственные связи патологических изменений в функционировании различных органов и систем и гиповитаминоза D. Это должно способствовать коррекции возникающих изменений с помощью заместительной терапии, включающей как алиментарный, так и фармакологический и физиотерапевтический компоненты.

Заключение. Изучение роли витамина D в функционировании органов и систем человека с помощью биохимических и генетических исследований будет наполнять доказательную базу для обоснования роли дефицита витамина D в патогенезе многих заболеваний через регуляцию генов (3 % всех генов). Учитывая тот факт, что морские специалисты входят в группу риска по дефициту витамина D в силу особенностей своей профессиональной деятельности, необходимо контролировать уровень этого витамина в организме членов экипажей надводных кораблей и подводных лодок. Врачебный состав, осуществляющий медицинское обеспе-

чение экипажей надводных кораблей и подводных лодок, должен помнить, что изучение результатов крупномасштабных исследований роли витамина D в развитии многих заболева-

ний может способствовать новым мерам профилактики, направленным на снижение заболеваемости и повышение профессионального и биологического долголетия моряков.

Сведения об авторах:

Дискаленко Ольга Вячеславовна – кандидат медицинских наук, доцент, преподаватель кафедры пропедевтики внутренних болезней, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0000-9927-7779; e-mail: oigadiskal1705@gmail.ru

Изотова Анна Борисовна – кандидат медицинских наук, доцент, преподаватель кафедры пропедевтики внутренних болезней, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0000-8356-1863; e-mail: suave77@mail.ru

Кучмин Алексей Николаевич – доктор медицинских наук, профессор, Заслуженный врач Российской Федерации, заведующий кафедрой пропедевтики внутренних болезней, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; SPIN: 8085-3904; ORCID: 0000-0003-2888-9625; e-mail: kuchmin.63@mail.ru

Левченко Земфира Ахатовна – кандидат медицинских наук, научный сотрудник, 40-й Государственный научно-исследовательский институт аварийно-спасательного дела, водолазных и глубоководных работ Министерства обороны Российской Федерации; Россия, 198412, Санкт-Петербург, Ломоносов, ул. Морская, д. 2; SPIN: 7570-9568; ORCID: 0009-0002-9529-7785; e-mail: zalew@mail.ru

Ятманов Алексей Николаевич – кандидат медицинских наук, научный сотрудник, 40-й Государственный научно-исследовательский институт аварийно-спасательного дела, водолазных и глубоководных работ Министерства обороны Российской Федерации; Россия, 198412, Санкт-Петербург, Ломоносов, ул. Морская, д. 2; SPIN: 9674-3636; ORCID: 0000-0003-0043-3255; e-mail: yan20220@mail.ru

Information about the authors:

Olga V. Diskalenko – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor, Lecturer in the Department of Internal Medicine Propaedeutics, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0000-0000-9927-7779; e-mail: oigadiskal1705@gmail.ru

Anna B. Izotova – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor, Lecturer in the Department of Internal Medicine Propaedeutics, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0000-0000-8356-1863; e-mail: suave77@mail.ru

Alexey N. Kuchmin – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Honored Doctor of the Russian Federation, Head of the Department of Internal Medicine Propaedeutics, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; SPIN: 8085-3904; ORCID: 0000-0003-2888-9625; e-mail: kuchmin.63@mail.ru

Zemfira A. Levchenko – Cand. of Sci. (Med.), Researcher, 40th State Research Institute for Emergency Rescue, Diving, and Deep-Sea Operations of the Ministry of Defense of the Russian Federation; Russia, 198412, Saint Petersburg, Lomonosov, Morskaya Str., 2; SPIN: 7570-9568; ORCID: 0009-0002-9529-7785; e-mail: zalew@mail.ru

Alexey N. Yatmanov – Cand. of Sci. (Med.), Researcher, 40th State Research Institute for Emergency Rescue, Diving, and Deep-Sea Operations of the Ministry of Defense of the Russian Federation; Russia, 198412, Saint Petersburg, Lomonosov, Morskaya Str., 2; SPIN: 9674-3636; ORCID: 0000-0003-0043-3255; e-mail: yan20220@mail.ru

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку, концепции, проведение исследований и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Наибольший вклад распределен следующим образом: Концепция и план исследования — А. Н. Кучмин, О. В. Дискаленко; сбор данных — А. Б. Изотова, З. А. Левченко, О. В. Дискаленко; анализ данных, выводы, оформление статьи — А. Н. Ятманов; подготовка статьи — А. Н. Кучмин, О. В. Дискаленко, А. Б. Изотова, З. А. Левченко, А. Н. Ятманов

Author contribution. All authors according to the ICMJE criteria participated in the development of the concept of the article, obtaining and analyzing factual data, writing and editing the text of the article, checking and approving the text of the article.

Special contribution: ANK, OVD contribution to the concept and plan of the study. ABI, ZAL, OVD contribution to data collection. ANYa contribution to data analysis and conclusions. ANK, OVD, ABI, ZAL, ANYa contribution to the preparation of the manuscript.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. The authors declare that they have no competing interests.

Финансирование: исследование проведено без дополнительного финансирования.

Funding: the study was carried out without additional funding.

Поступила/Received: 28.04.2026

Принята к печати/Accepted: 15.09.2026

Опубликована/Published: 30.09.2026

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Киреева Е. Б., Чумаков А. В., Агафонов П. В., Можина М. Н. Нарушения опорно-двигательного аппарата у водолазного состава военно-морского флота // *Вестник терапевта*. 2024. № 3 (64) [Kireeva E. B., Chumakov A. V., Agafonov P. V., Mozhina M. N. Musculoskeletal Disorders in the Diving Personnel of the Navy. *Bulletin of the Therapist*, 2024, No. 3 (64) (In Russ.)]. doi: 10.31550/2772-8660-VT-2024-3-5.
2. Болахан В. Б., Кривцов А. В., Андриянов А. И., Сороколетова Е. Ф., Коновалова И. А., Сметанин А. Л., Плахотская Ж. В. Гигиенические аспекты питания и водообеспечения специалистов Военно-морского флота в условиях длительного морского похода: проблемы и пути решения // *Вестник Военно-медицинской академии*. 2019. № 1 (65). С. 143–149 [Bolekhan V. B., Krivtsov A. V., Andriyanov A. I., Sorokoletova E. F., Konovalova I. A., Smetanin A. L., Plakhotskaya Zh. V. Hygienic Aspects of Nutrition and Water Supply of Navy Specialists in Conditions of a Long Sea Cruise: Problems and Solutions. *Bulletin of the Military Medical Academy*, 2019, No. 1 (65), pp. 143–149 (In Russ.)].
3. Спиричев В. Б., Тутельян В. А., Мазо В. К. и др. Научное обоснование применения витаминов в профилактических и лечебных целях. Сообщение 1. Недостаток витаминов в рационе современного человека: причины, последствия и пути коррекции // *Вопросы питания*. 2010. Т. 79, № 5. С. 4–14 [Spirichev V. B., Tutelyan V. A., Mazo V. K., et al. Scientific Justification for the Use of Vitamins for Preventive and Therapeutic Purposes. Communication 1. Vitamin Deficiency in the Diet of Modern Man: Causes, Consequences and Correction Ways. *Problems of Nutrition*, 2010, Vol. 79, No. 5, pp. 4–14 (In Russ.)].
4. Grimes D. Vitamin D and social aspects of disease. *Quart. J. med.*, 2011, Vol. 104, No. 2, pp. 106–1074.
5. Gafvelin G. Vitamin D and allergies: Belgrade International Food Conference. Belgrad. 26–28 Oct. 2012. *J. Serb. Chem. Soc.*, 2013, Vol. 78, No. 3, pp. 3531.
6. Šarac I., Djekić-Ivanković M., Debeljak-Martačić J. Editorial: The role of vitamin D in metabolic and cardiovascular health. *Front Nutr*, 2023, Vol. 10, No. 1193758.
7. Holick M. F., Chen T. C. Vitamin D deficiency: a worldwide problem with health consequences. *Am J Clin Nutr*, 2008, Vol. 87, No. 4, pp. 1080–1086.
8. Silva I. C. J., Lazaretti-Castro M. Vitamin D metabolism and extraskeletal outcomes: an update. *Arch Endocrinol Metab*, 2022, Vol. 66, No. 5, pp. 748–750.
9. Доскина Е. В. Роль различных форм витамина D в лечении пациентов с дефицитом витамина D (клинический случай) // *Эндокринология. Новости. Мнения. Обучение*. 2021. Т. 10, № 2 (35). С. 123–129 [Doskina E. V. The Role of Various Forms of Vitamin D in the Treatment of Patients with Vitamin D Deficiency (Clinical Case). *Endocrinology. News. Opinions. Training*, 2021, Vol. 10, No. 2 (35), pp. 123–129 (In Russ.)].
10. Chowdhury R., Kunutsor S., Vitezova A., et al. Vitamin D and risk of cause specific death: systematic review and meta-analysis of observational cohort and randomised intervention studies. *BMJ*, 2014, Vol. 348, No. 1903.
11. Ebeling P. R., Adler R. A., Jones G., et al. Management of endocrine disease: Therapeutics of Vitamin D. *Eur J Endocrinol*, 2018, Vol. 179, No. 5, pp. 239–259.
12. Aiyong Cui, et al. Global and regional prevalence of vitamin D deficiency in population-based studies from 2000 to 2022: A pooled analysis of 7.9 million participants. *Front Nutr*, 2023, Vol. 10, pp. 1070808. doi:10.3389/fnut.2023.1070808.
13. Leal A. C. G. B., Corrêa M. P., Holick M. F., Melo E. V., Lazaretti-Castro, M. Sun-induced production of vitamin D3 throughout 1 year in tropical and subtropical regions: relationship with latitude, cloudiness, UV-B exposure and solar zenith angle. *Photochem Photobiol Sci*, 2021, Vol. 20, No. 2, pp. 265–274.
14. Renke G., Starling-Soares B., Baesso T., et al. Effects of Vitamin D on Cardiovascular Risk and Oxidative Stress. *Nutrients*, 2023, Vol. 15, No. 3, pp. 76.
15. Куликов В. А., Гребенников И. Н. Роль витаминов D и K в развитии сосудистой кальцификации и атеросклероза // *Вестник Витебского государственного медицинского университета*. 2012. Т. 11, № 4. С. 5–14 [Kulikov V. A., Grebennikov I. N. The Role of Vitamins D and K in the Development of Vascular Calcification and Atherosclerosis. *Vestnik of Vitebsk State Medical University*, 2012, Vol. 11, No. 4, pp. 5–14 (In Russ.)].
16. Levin G. P., Robinson-Cohen C., de Boer I. H. et al. Genetic variants and associations of 25-hydroxyvitamin D concentrations with major clinical outcomes. *JAMA*, 2012, Vol. 308, No. 18, pp. 1898–1905.
17. Крюков Е. В., Лесняк О. М., Аганов Д. С., Топорков М. М., Овчинников Д. В., Семенов А. А., Анохин Д. Ю., Комаров Н. Н. Обеспеченность витамином D и ее связь с показателями физического развития и состоянием костной ткани у курсантов военного высшего учебного заведения // *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2024. Т. 79, № 3. С. 271–280 [Kryukov E. V., Lesnyak O. M., Aganov D. S., Toporkov M. M., Ovchinnikov D. V., Semenov A. A., Anokhin D. Yu., Komarov N. N. Vitamin D Status and Its Relationship with Physical Development Indicators and Bone Tissue Condition in Cadets of a Military Higher Educational Institution. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*, 2024, Vol. 79, No. 3, pp. 271–280 (In Russ.)].
18. Jones G. 100 years of vitamin D: Historical aspects of vitamin D. *Endocr. Connect*, 2022, Vol. 11, No. 4, pp. e210594. doi: 10.1530/EC-21-0594.
19. Боева Л. От холестерина до витамина D // *Фармацевтический вестник*. 2018. Вып. 1. С. 17–19 [Boeva L. From Cholesterol to Vitamin D. *Pharmaceutical Bulletin*, 2018, Iss. 1, pp. 17–19 (In Russ.)].
20. Haussler M. R., Livingston S., Sabir Z. L., et al. Vitamin D Receptor Mediates a Myriad of Biological Actions Dependent on Its 1,25-Dihydroxyvitamin D Ligand: Distinct Regulatory Themes Revealed by Induction of Klotho and Fibroblast Growth Factor-23. *JBMR Plus*, 2020, Vol. 5, No. 1, pp. 110.
21. Michael F. Holick. Vitamin D: physiology, molecular biology and clinical applications. New York Press, 2013, pp. 32–33.
22. Донцева Е. А., Потупчик Т. В., Гацких И. В., Шалда Т. П. Применение препаратов витамина D с учетом витамин D-дефицитных состояний // *Врач*. 2024. Т. 35, № 4. С. 32–35 [Dontseva E. A., Potupchik T. V., Gatskikh I. V., Shalda

- T. P. Use of Vitamin D Preparations Taking into Account Vitamin D Deficiency States. *The Doctor*, 2024, Vol. 35, No. 4, pp. 32–35 (In Russ.).
23. Haussler M. R., Livingston S., Sabir Z. L., et al. Vitamin D Receptor Mediates a Myriad of Biological Actions Dependent on Its 1,25-Dihydroxyvitamin D Ligand: Distinct Regulatory Themes Revealed by Induction of Klotho and Fibroblast Growth Factor-23. *JBM R Plus*, 2020, Vol. 5, No. 1, pp. 110.
24. Куликов В. А., Куликов В. А., Гребенников И. Н. Роль витаминов D и K в развитии сосудистой кальцификации и атеросклероза // *Вестник Витебского государственного медицинского университета*. 2012. Т. 11, № 4. С. 5–14 [Kulikov V. A., Kulikov V. A., Grebennikov I. N. The Role of Vitamins D and K in the Development of Vascular Calcification and Atherosclerosis. *Vestnik of Vitebsk State Medical University*, 2012, Vol. 11, No. 4, pp. 5–14 (In Russ.)].
25. Durgarao Y., Manjrekar P. A., Adhikari P., Chakrapani M., Rukmini M. S. Comprehensive Review on Diabetes Associated Cardiovascular Complications — The Vitamin D Perspective. *Cardiovasc Hematol Disord Drug Targets*, 2019, Vol. 19, No. 2, pp. 139–153.
26. Lupton J. R., Faridi K. F., Martin S. S., et al. Deficient serum 25-hydroxyvitamin D is associated with an atherogenic lipid profile: The Very Large Database of Lipids (VLDL-3) study. *J Clin. Lipidol*, 2016, Vol. 10, No. 1, pp. 72–81.
27. Warren T., McAllister R., Morgan A., et al. The Interdependency and Co-Regulation of the Vitamin D and Cholesterol Metabolism. *Cells*, 2021, Vol. 10, No. 8, pp. 2007. doi: 10.3390/cells10082007.
28. Schmitt E. B., Nahas-Neto J., Bueloni-Dias F., et al. Vitamin D deficiency is associated with metabolic syndrome in post-menopausal women. *Maturitas*, 2018, No. 107, pp. 97–102.
29. Durgarao Y., Manjrekar P. A., Adhikari P., Chakrapani M., Rukmini M. S. Comprehensive Review on Diabetes Associated Cardiovascular Complications — The Vitamin D Perspective. *Cardiovasc Hematol Disord Drug Targets*, 2019, Vol. 19, No. 2, pp. 139–153.
30. Thompson B., Waterhouse M., English D. R., et al. Vitamin D supplementation and major cardiovascular events: D-Health randomised controlled trial. *BMJ*, 2023, No. 381, pp. e075230. doi: 10.1136/bmj-2023-075230.
31. Scragg R., Stewart A. W., Waayer D., et al. Effect of Monthly High-Dose Vitamin D Supplementation on Cardiovascular Disease in the Vitamin D Assessment Study: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Cardiol*, 2017, Vol. 2, No. 6, pp. 608–616, doi: 10.1001/jamacardio.2017.0175.
32. Manson J. E., Cook N. R., Lee I. M., et al. Vitamin D Supplements and Prevention of Cancer and Cardiovascular Disease. *N Engl J Med*, 2019, Vol. 380, No. 1, pp. 33–44, doi: 10.1056/NEJMoa1809944.
33. Chen Xueqin, Zhou Mingge, Yan Hui, et al. Association of serum total 25-hydroxy-vitamin D concentration and risk of all-cause, cardiovascular and malignancies-specific mortality in patients with hyperlipidemia in the United States. *Frontiers in Nutrition*, 2022, Vol. 9, No. 971720.
34. Bouillon R., Manousaki D., Rosen C., et al. The health effects of vitamin D supplementation: evidence from human studies. *Nat Rev Endocrinol*, 2022, Vol. 18, No. 2, pp. 96–110.
35. Moslemi E., Musazadeh V., Kavyani Z., et al. Efficacy of vitamin D supplementation as an adjunct therapy for improving inflammatory and oxidative stress biomarkers: An umbrella meta-analysis. *Pharmacol Res*, 2022, Vol. 186, No. 106484.
36. Elmoselhi A. B., Seif Allah M., Bouzid A., et al. Circulating microRNAs as potential biomarkers of early vascular damage in vitamin D deficiency, obese, and diabetic patients. *PLoS One*, 2023, Vol. 18, No. 3, pp. e0283608. doi: 10.1371/journal.pone.0283608.
37. Li Y. C., et al. Vitamin D: a negative endocrine regulator of the renin-angiotensin system and blood pressure. *J. Steroid. Biochem. Mol. Biol*, 2004, Vol. 89-9, pp. 387–392.
38. Bischoff-Ferrari H. A., Vellas B., Rizzoli R., et al. Effect of Vitamin D Supplementation, Omega-3 Fatty Acid Supplementation, or a Strength-Training Exercise Program on Clinical Outcomes in Older Adults: The DO-HEALTH Randomized Clinical Trial. *JAMA*, 2020, Vol. 324, No. 18, pp. 1855–1868.
39. Ganji V., Zhang X., Shaikh N., et al. Serum 25-hydroxyvitamin D concentrations are associated with prevalence of metabolic syndrome and various cardiometabolic risk factors in US children and adolescents based on assay-adjusted serum 25-hydroxyvitamin D data from NHANES 2001–2006. *Am J Clin Nutr*, 2011, Vol. 94, No. 1, pp. 225–233.
40. Petersen R. A., Dalskov S. M., Sørensen L. B., et al. Vitamin D status is associated with cardiometabolic markers in 8–11-year-old children, independently of body fat and physical activity. *Br J Nutr*, 2015, Vol. 114, No. 10, pp. 1647–1655.
41. Kunutsor S. K., Apekey T. A., Steur M. Vitamin D and risk of future hypertension: meta-analysis of 283,537 participants. *Eur J Epidemiol*, 2013, Vol. 28, No. 3, pp. 205–221.
42. Snijder M. B., Lips P., Seidell J. C., et al. Vitamin D status and parathyroid hormone levels in relation to blood pressure: a population-based study in older men and women. *J Intern Med*, 2007, Vol. 261, No. 6, pp. 558–565.
43. Reis J. P., von Mühlen D., Kritz-Silverstein D., Wingard D. L., Barrett-Connor E. Vitamin D, parathyroid hormone levels, and the prevalence of metabolic syndrome in community-dwelling older adults. *Diabetes Care*, 2007, Vol. 30, No. 6, pp. 1549–1555.
44. Sluyter J. D., Camargo C. A. Jr., Stewart A. W., et al. Effect of Monthly, High-Dose, Long-Term Vitamin D Supplementation on Central Blood Pressure Parameters: A Randomized Controlled Trial Substudy. *J Am Heart Assoc*, 2017, Vol. 6, No. 10, pp. e006802. doi: 10.1161/JAHA.117.00680244.
45. Van Ballegooijen A. J., Kestenbaum B., Sachs M. C., et al. Association of 25-hydroxyvitamin D and parathyroid hormone with incident hypertension: MESA (Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis). *J Am Coll Cardiol*, 2014, Vol. 63, No. 12, pp. 1214–1222.
46. Vimalaswaran K. S., Berry D. J., Lu C., et al. Causal relationship between obesity and vitamin D status: bi-directional Mendelian randomization analysis of multiple cohorts. *PLoS Med*, 2013, Vol. 10, No. 2, pp. e1001383. doi: 10.1371/journal.pmed.1001383.

47. Pereira-Santos M., Costa P. R., Assis A. M., Santos C. A., Santos D. B. Obesity and vitamin D deficiency: a systematic review and meta-analysis. *Obes Rev*, 2015, Vol. 16, No. 4, pp. 341–349.
48. Bernardo D. R. D., Canale D., Nascimento M. M., et al. The association between obesity and vitamin D deficiency modifies the progression of kidney disease after ischemia/reperfusion injury. *Front Nutr*, 2022, Vol. 9, pp. 952028. doi: 10.3389/fnut.2022.952028.
49. Unger M. D., Cuppari L., Titan S. M., et al. Vitamin D status in a sunny country: where has the sun gone? *Clin Nutr*, 2010, Vol. 29, No. 6, P. 784–788.
50. Karampela I., Sakelliou A., Vallianou N., et al. Vitamin D and Obesity: Current Evidence and Controversies. *Curr Obes Rep*, 2021, Vol. 10, No. 2, pp. 162–180.
51. Cojic M., Kocic R., Klisic A., et al. The Effects of Vitamin D Supplementation on Metabolic and Oxidative Stress Markers in Patients With Type 2 Diabetes: A 6-Month Follow Up Randomized Controlled Study. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2021, Vol. 12, No. 610893.
52. Miricescu D., Balan D. G., Tulin A., et al. Impact of adipose tissue in chronic kidney disease development (Review). *Exp. Ther Med*, 2021, Vol. 21, No. 5, pp. 539.
53. Argano C., Mirarchi L., Amodeo S., Orlando V., Torres A., Corrao S. The Role of Vitamin D and Its Molecular Bases in Insulin Resistance, Diabetes, Metabolic Syndrome, and Cardiovascular Disease: State of the Art. *Int J. Mol. Sci*, 2023, Vol. 24, No. 20, pp. 15485. doi: 10.3390/ijms242015485.
54. Shoelson S. E., Herrero L., Naaz A. Obesity, inflammation, and insulin resistance. *Gastroenterology*, 2007, Vol. 132, No. 6, pp. 2169–2180.
55. Dawson-Hughes B., Staten M. A., Knowler W. C., et al. Intratrial Exposure to Vitamin D and New-Onset Diabetes Among Adults With Prediabetes: A Secondary Analysis From the Vitamin D and Type 2 Diabetes (D2d) Study. *Diabetes Care*, 2020, Vol. 43, No. 12, pp. 2916–2922. doi: 10.2337/dc20-1765.
56. Bouillon R., Marcocci C., Carmeliet G., et al. Skeletal and Extraskeletal Actions of Vitamin D: Current Evidence and Outstanding Questions. *Endocr Rev*, 2019, Vol. 40, No. 4, pp. 1109–1151. doi: 10.1210/er.2018-00126.
57. Wang J., Thingholm L. B., Skieceviciene J., et al. Genome-wide association analysis identifies variation in vitamin D receptor and other host factors influencing the gut microbiota. *Nat Genet*, 2016, Vol. 48, No. 11, pp. 1396–1406.
58. Revez J. A., Lin T., Qiao Z., et al. Genome-wide association study identifies 143 loci associated with 25 hydroxyvitamin D concentration. *Nat Commun*, 2020, Vol. 11, No. 1, pp. 1647. doi: 10.1038/s41467-020-15421-7.
59. Munger K. L., Levin L. I., Hollis B. W., Howard N. S., Ascherio A. Serum 25-hydroxyvitamin D levels and risk of multiple sclerosis. *JAMA*, 2006, Vol. 296, No. 23, pp. 2832–2838.
60. Roth D. E., Leung M., Mesfin E., et al. Vitamin D supplementation during pregnancy: state of the evidence from a systematic review of randomised trials. *BMJ*, 2017, Vol. 359, No. 8237, pp. j5237. doi: 10.1136/bmj.j5237.
61. Vargas Buonfiglio L. G., Cano M., Pezzulo A. A., et al. Effect of vitamin D3 on the antimicrobial activity of human airway surface liquid: preliminary results of a randomised placebo-controlled double-blind trial. *BMJ Open Respir Res*, 2017, Vol. 4, No. 1, e000211. doi: 10.1136/bmjresp-2017-000211.
62. Каронова Т. Л., Вашукова М. А., Гусев Д. А., Головатюк К. А., Гринева Е. Н. Витамин D как фактор повышения иммунитета и снижения риска развития острых респираторных вирусных инфекций и COVID-19 // *Артериальная гипертензия*. 2020. Т. 26, № 3. С. 295–303 [Karonova T. L., Vashukova M. A., Gusev D. A., Golovatyuk K. A., Grineva E. N. Vitamin D as a Factor in Increasing Immunity and Reducing the Risk of Developing Acute Respiratory Viral Infections and COVID-19. *Arterial Hypertension*, 2020, Vol. 26, No. 3, pp. 295–303 (In Russ.)]. doi: 10.18705/1607-419X-2020-26-3-295-303.
63. Camargo C. A., Sluyter J., Stewart A. W., et al. Effect of Monthly High-Dose Vitamin D Supplementation on Acute Respiratory Infections in Older Adults: A Randomized Controlled Trial. *Clin Infect Dis*, 2020, Vol. 71, No. 2, pp. 311–317. doi: 10.1093/cid/ciz801.
64. Mathyssen C., Gayan-Ramirez G., Bouillon R., Janssens W. Vitamin D supplementation in respiratory diseases: evidence from randomized controlled trials. *Pol Arch Intern Med*, 2017, Vol. 127, No. 11, pp. 775–784.
65. Camargo C. A., Sluyter J., Stewart A. W., et al. Effect of Monthly High-Dose Vitamin D Supplementation on Acute Respiratory Infections in Older Adults: A Randomized Controlled Trial. *Clin Infect Dis*, 2020, Vol. 71, No. 2, pp. 311–317. doi: 10.1093/cid/ciz801.
66. Munger K. L., Levin L. I., Hollis B. W., Howard N. S., Ascherio A. Serum 25-hydroxyvitamin D levels and risk of multiple sclerosis. *JAMA*, 2006, Vol. 296, No. 23, pp. 2832–2838.
67. Bikle D. D. Extraskeletal actions of vitamin D. *Ann N Y Acad Sci*, 2016, Vol. 1376, No. 1, pp. 29–52.
68. Manson J. E., Cook N. R., Lee I. M., Christen W., Bassuk S. S., Mora S., Gibson H., Gordon D., Copeland T., D'Agostino D., Friedenberg G., Ridge C., Bubes V., Giovannucci E. L., Willett W. C., Buring J. E. Vitamin D Supplements and Prevention of Cancer and Cardiovascular Disease. *N Engl J Med*, 2020, Vol. 380, No. 1, pp. 33–44.
69. Kimball S. M., Holick M. F. Official recommendations for vitamin D through the life stages in developed countries. *Eur J Clin Nutr*, 2020, Vol. 74, No. 11, pp. 1514–1518.
70. Revez J. A., Lin T., Qiao Z., et al. Genome-wide association study identifies 143 loci associated with 25 hydroxyvitamin D concentration. *Nat Commun*, 2020, Vol. 11, No. 1, pp. 1647. doi: 10.1038/s41467-020-15421-7.

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ / ORIGINAL ARTICLES

УДК 614.8:004.94

<https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-30-42>**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
МЕДИЦИНСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГРУППИРОВКИ СИЛ
В ГУМАНИТАРНОЙ ОПЕРАЦИИ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ
СЦЕНАРИЕВ СРЕДНЕГО И ВЫСОКОГО РИСКА**¹Р. Н. Гужев*, ^{1,2}Р. Н. Лемешкин, ³И. Г. Мосягин, ³М. Н. Пуляев, ⁴О. И. Гусева¹ Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия²Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова,
Санкт-Петербург, Россия³ Главное командование Военно-Морского Флота, Санкт-Петербург, Россия⁴Филиал «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Минобороны России, Москва, Россия

ВВЕДЕНИЕ. Вооруженные Силы Российской Федерации в ходе выполнения задач, поставленных военно-политическим руководством, все чаще сталкиваются с необходимостью своевременного реагирования на разрешение гуманитарных кризисов и участие в гуманитарных операциях. В статье обосновывается выбор модели медицинского обеспечения гуманитарной операции в провинции Западный Дарфур (Судан) в качестве полигона для стохастического имитационного моделирования. Показано, что стратегический интерес России к Красноморскому региону и Африканскому Рогу, закрепленный в Стратегии национальной безопасности и Концепции внешней политики, делает участие российского военно-медицинского контингента в таких операциях актуальной прикладной задачей.

ЦЕЛЬ. Дать сравнительную оценку эффективности медицинского обеспечения группировки сил в гуманитарной операции при среднем ($p_block = 0,20$) и высоком ($p_block = 0,35$) уровне риска методом стохастического имитационного моделирования на примере гуманитарной операции в провинции Западный Дарфур (Судан).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Разработана имитационная модель (100 прогонов на сценарий), включающая модули логистики, коечного фонда, эвакуации и эпидемиологического состояния. Полигон – провинция Западный Дарфур (Судан). Плановая численность бенефициаров (выгодоприобретателей) – 560 тыс. человек. Расчетная потребность в койках – по стандарту SPHERE (1 койка на 400 чел. за 90 сут).

РЕЗУЛЬТАТЫ. При среднем уровне риска стандартный охват населения медицинской помощью составил $73,2 \pm 4,7 \%$ (устойчивость 81 %), загруженность коек – 30,6 %, соблюдение «золотого часа» – 94,6 %. При высоком риске параметр охвата снизился до $37,4 \pm 4,6 \%$ (ни один прогон не достиг порога 70 %, устойчивость 0 %), загруженность коек выросла до 90,3 %, а в 48 % прогонов отмечена перегрузка стационара. Коэффициент корреляции Пирсона между количеством суток с блокировками и охватом составил $r = -0,82$ ($p < 0,001$), между задержкой доставки и охватом – $r = -0,85$ ($p < 0,001$).

ОБСУЖДЕНИЕ. Полученные данные согласуются с литературой о ключевой роли материально-технического и медицинского обеспечения гуманитарной операции. При высоком риске устойчивость гуманитарной операции снижается до нуля, а загруженность коек превышает нормативные значения почти в три раза. Определено, что главные дестабилизирующие факторы гуманитарной операции – это блокировки маршрутов, низкий уровень запасов лекарственных средств и медицинских изделий, отсутствие ограничений пропускной способности эвакуации, линейная аппроксимация зависимости задержек от блокировок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Переход к высокому уровню риска ($p_block = 0,35$) катастрофически снижает эффективность медицинского обеспечения. Для достижения приемлемого охвата населения в рамках выполнения мероприятий медицинской помощи в таких условиях требуется увеличение коечного фонда в 2–2,5 раза, создание трехмесячных резервов лекарственных средств и медицинских изделий, а также применения санитарно-авиационной медицинской эвакуации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, имитационное моделирование, медицинское обеспечение, гуманитарная операция, удаленный театр военных действий, Западный Дарфур, «золотой час», охват населения, блокировка маршрутов, метод Монте-Карло

© Авторы, 2026. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины» Федерального медико-биологического агентства. Данная статья распространяется на условиях открытого доступа в соответствии с лицензией CCBY-NC-SA 4.0 («Attribution-NonCommercial-ShareAlike» / «Атрибуция-Некоммерчески-Сохранение Условий» 4.0), которая разрешает неограниченное некоммерческое ее использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при указании автора и источника. Чтобы ознакомиться с полными условиями данной лицензии на русском языке, посетите сайт: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.ru>

*Для корреспонденции: Гузеев Руслан Николаевич, e-mail: rusdoc328@mail.ru

*For correspondence: Ruslan N. Guzeev, e-mail: rusdoc328@mail.ru

Для цитирования: Гузеев Р. Н., Лемешкин Р. Н., Мосягин И. Г., Пуляев М. Н., Гусева О. И. Имитационное моделирование эффективности медицинского обеспечения группировки сил в гуманитарной операции: сравнительный анализ сценариев среднего и высокого риска: оригинальная статья // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 3. С. 30–42, <https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-30-42>; EDN: <https://elibrary.ru/AQFESF>

For citation: Guzeev R. N., Lemeshkin R. N., Mosyagin I. G., Pulyaev M. N., Guseva O. I. Simulation modeling of efficacy of medical support for a force group in a humanitarian operation: comparative analysis of medium- and high-risk scenarios // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 3. P.30–42, <https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-30-42>; EDN: <https://elibrary.ru/AQFESF>

SIMULATION MODELING OF EFFICACY OF MEDICAL SUPPORT FOR A FORCE GROUP IN A HUMANITARIAN OPERATION: COMPARATIVE ANALYSIS OF MEDIUM- AND HIGH-RISK SCENARIOS

¹Ruslan N. Guzeev*, ^{1,2}Roman N. Lemeshkin, ³Igor G. Mosyagin, ³Mikhail N. Pulyaev,
⁴Oksana I. Guseva

¹Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

²Almazov National Medical Research Centre, Ministry of Health of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia

³Main Command of the Navy, Saint Petersburg, Russia

⁴Filial of Military Medical Academy, Moscow, Russia

INTRODUCTION. In fulfilling missions assigned by the military-political leadership, the Russian Armed Forces are increasingly faced with the need to promptly respond to humanitarian crises and participate in humanitarian operations. This article substantiates the choice of a medical support model for a humanitarian operation in West Darfur Province (Sudan) as a testing ground for stochastic simulation modeling. It is shown that Russia's strategic interest in the Red Sea region and the Horn of Africa, enshrined in the National Security Strategy and Foreign Policy Concept, makes the participation of the Russian military medical contingent in such operations a relevant practical objective.

OBJECTIVE. To provide a comparative assessment of the efficacy of medical support for a group of forces in a humanitarian operation at an average ($p_{\text{block}} = 0.20$) and high ($p_{\text{block}} = 0.35$) risk level using the method of stochastic simulation modeling using the example of a humanitarian operation in the province of West Darfur (Sudan).

MATERIALS AND METHODS. A simulation model (100 runs per scenario) was developed, including modules for logistics, hospital bed capacity, evacuation, and epidemiological status. The testing site is West Darfur Province (Sudan). The planned number of beneficiaries is 560,000 people. The estimated bed requirement is based on the SPHERE standard (1 bed per 400 people for 90 days).

RESULTS. At the medium risk level, the standard coverage of the population with medical care was $73.2 \pm 4.7\%$ (resistance 81%), bed occupancy was 30.6%, and compliance with the "golden hour" was 94.6%. At the high risk level, the coverage parameter decreased to $37.4 \pm 4.6\%$ (no run reached the threshold of 70%, resistance 0%), bed occupancy increased to 90.3%, and hospital overload was observed in 48% of runs. The Pearson correlation coefficient between the number of days with blockages and coverage was $r = -0.82$ ($p < 0.001$), between delivery delays and coverage — $r = -0.85$ ($p < 0.001$).

DISCUSSION. The findings are consistent with the literature on the key role of logistics and medical support in humanitarian operations. At high risk, the sustainability of the humanitarian operation is reduced to zero, and the occupancy of beds exceeds standard values by almost three times. It has been determined that the main destabilizing factors of a humanitarian operation are blocking routes, low stocks of medicines and medical products, no restrictions on evacuation capacity, and a linear approximation of the dependence of delays on blockings.

CONCLUSION. The transition to a high risk level ($p_{\text{block}} = 0.35$) catastrophically reduces the effectiveness of medical care. Achieving acceptable population coverage through medical care under such conditions requires increasing hospital beds by 2–2.5 times, creating three-month reserves of medications and medical supplies, and utilizing air ambulance services.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, simulation modeling, medical support, humanitarian operation, remote theater of operations, West Darfur, golden hour, population coverage, route denial, Monte Carlo method

Введение. Военные конфликты с гуманитарными последствиями — одна из главных причин высокой смертности гражданского населения в развивающихся странах. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в Судане с 2019 по 2024 г. более 9 млн чел. остро нуждались в оказании экстренной медицинской помощи [1]. Ежегодные потери от инфекций, которые можно было предотвратить, составили 12–17 % от общей смертности. Западный Дарфур — зона активных боевых действий. Уровень продовольственной нестабильности в провинции соответствует 4-му ИРС-классу¹ («критический»): под эту категорию попадает более 60 % населения провинции [2].

В условиях гуманитарной катастрофы эффективная организация медицинского обеспечения гипотетической гуманитарной операции важна как с военной, так и с гуманитарно-правовой точек зрения.

Выполненные ранее исследования в области военной медицины, медицины катастроф, безопасности жизнедеятельности и гуманитарной логистики, посвященные вопросам гуманитарной деятельности в совокупности с медицинским обеспечением пострадавшего населения, показывают, что успех гуманитарной операции зависит от нескольких связанных факторов: надежности логистики, емкости коечного фонда, своевременности (быстроты) медицинской эвакуации и эпидемиологической обстановки [3, 4]. Опыт работы медицинской службы Вооруженных Сил Российской Федерации в ходе выполнения мероприятий гуманитарного характера также подтверждает значимость этих факторов [5].

Классические модели с фиксированными параметрами здесь не вполне подходят, так как в реальных военных конфликтах частота блоки-

ровок маршрутов движения транспорта, нападений на конвои и всплеск инфекций носит вероятностный характер [6].

В последние годы методы имитационного моделирования (Монте-Карло, системная динамика, агент-ориентированные модели) активно применяются в научной деятельности для оценки эффективности гуманитарных операций [7, 8]. Обзор современных подходов к имитационному моделированию в экстренной медицинской службе представлен в работе Z. Jemai и соавт. [9]. В отличие от сложных эвристических алгоритмов, например, оптимизации медицинской логистики с использованием алгоритмов роя пчел [10], наша модель сохраняет линейную аппроксимацию для поддержания прозрачности и воспроизводимости расчетов. Однако в отечественной военно-медицинской науке такие работы пока единичны, а верификация моделей на реальных данных практически отсутствует. Одним из немногих примеров является имитационная модель для медицинского отряда специального назначения, разработанная Р. Н. Лемешкиным и соавт. [11]. В отечественной военно-медицинской науке накоплен опыт применения имитационного моделирования для оценки эффективности медицинского обеспечения войск [12, 13, 14, 15].

Цель. Дать сравнительную оценку эффективности медицинского обеспечения группировки сил в ходе гуманитарной операции при среднем и высоком уровнях риска методом стохастического имитационного моделирования на примере проведения гуманитарной операции в провинции Западный Дарфур (Судан).

Задачи:

1. Разработать валидную имитационную модель медицинского обеспечения гуманитарной операции (включая модули логистики, коечного фонда, медицинской эвакуации и эпидемиологической обстановки) [11].

2. Провести сравнительный анализ ключевых показателей эффективности при двух уровнях риска.

3. Выявить наиболее значимые факторы, влияющие на охват населения мероприятиями гуманитарной операции.

4. Предложить научно обоснованные практические рекомендации по совершенствованию медицинского обеспечения в совокупности с мероприятиями гуманитарной операции.

¹ИРС (Integrated Food Security Phase Classification) – международная шкала оценки остроты продовольственного кризиса, разработанная в 2004 г. Продовольственной и сельскохозяйственной организацией ООН и гуманитарной организацией Action Against Hunger при участии ВОЗ, ВПП и других агентств [2]. Шкала включает пять классов: от 1 (минимальная нестабильность) до 5 (гуманитарная катастрофа/голод). Класс 4 («критический») означает острый дефицит продовольствия, высокий уровень истощения населения, превышение пороговых значений смертности и заболеваемости, что требует экстренного гуманитарного медицинского вмешательства.

Таблица 1

Параметры сценариев риска

Table 1

Risk scenario parameters

Параметр	Средний риск	Высокий риск
Вероятность блокировки (p_block)	0,20	0,35
Вероятность нападения на конвой (p_attack)	0,15	0,25
Вероятность вспышки инфекции (p_outbreak)	0,20	0,30
Вероятность поломки транспорта	0,08	0,15
Вероятность проблем с топливом	0,15	0,25
Вероятность ошибки координации	0,05	0,10
Число прогонов	100	100

Материалы и методы. Исследование выполнено в формате вычислительного эксперимента на основе стохастической имитационной модели Монте-Карло. Единица наблюдения — один прогон модели; объем выборки — 100 прогонов для каждого из двух сценариев (всего 200 прогонов). Объект моделирования — гуманитарная операция в провинции Западный Дарфур (Судан). Временной горизонт — 90 сут. Плановая численность бенефициаров (выгодоприобретателей) — 560 тыс. человек. Плановое время доставки — 12 сут. Целевое снижение индекса продовольственной нестабильности (IPC) — 2 пункта.

Модель реализована в среде Microsoft Excel + VBA и включает четыре взаимосвязанных модуля:

Модуль логистики. В каждый из 90 сут операции с вероятностью блокировки маршрута (p_block) генерируется событие блокировки, увеличивающее дополнительную задержку доставки на 2 сут. Вероятность нападения на конвой (p_attack) при реализации события добавляет 5 сут к задержке и инициирует медицинскую эвакуацию. Активация резервного маршрута позволяет сократить штрафное время на 20 %. Численные значения p_block и p_attack для каждого сценария риска представлены в табл. 1.

Модуль коечного фонда. Плановый коечный фонд — 1400 коек (рассчитан по стандарту SPHERE: 1 койка на 400 чел. за 90 сут [16]). Суточную госпитализацию определяют количеством активных эпидемических случаев и выпиской (скорость выздоровления — 15 % в сутки). Загруженность коек (BOR) (использо-

вание коечного фонда) рассчитывают по формуле:

$$\text{Использование коечного фонда} = \frac{\text{число койко} - \text{дней}}{\text{число коек} \times \text{число дней в периоде}} \times 100\%$$

Модуль эвакуации. Соблюдение «золотого часа» (эвакуация в течение 60 мин) зависит от наличия блокировок и нападений. Базовый уровень — 98 %; каждый день блокировки снижает показатель на 0,3 процентного пункта (п. п.), каждое нападение — на 0,5 п. п.

Эпидемиологический модуль. Вероятность новой вспышки инфекции (p_outbreak) регистрируется при достижении показателей (0,20 при среднем риске, 0,30 при высоком) ежедневно. Количество новых случаев — равномерное распределение от 5 до 15 на 1000 чел. Вспышка считается преодоленной, когда суточная заболеваемость падает ниже 5 на 1000.

Параметры сценариев риска (табл. 1) включают коэффициент вероятности среднего и высокого риска.

Показатели эффективности рассчитывали следующим образом:

1) *первичный показатель* — охват населения медицинской помощью (% от плана);

2) *вторичные показатели* — средняя задержка доставки (сутки); снижение IPC (пункты); загруженность коечного фонда (%); доля соблюдения «золотого часа» (%); количество критических эвакуаций за операцию; количество суток с блокировкой маршрута. в исследовании был определен и установлен критерий успешности, который заключался в охвате ≥ 70 % плановой численности бенефициаров (выгодоприобретателей).

Статистическая обработка. Результаты прогонов в имитационной модели подвергались медико-статистическому анализу с применением описательной статистики ($M \pm \sigma$; медиана, min–max), критерия нормальности распределения данных Шапиро–Уилка, корреляционного анализа r Пирсона (уровень значимости – $p < 0,01$) и анализа чувствительности (вариация p_block в диапазоне 0,05–0,40). Расчеты выполнены в MS Excel 2021.

Результаты. Анализ имитационной модели с использованием параметров среднего риска показал, что при 100 прогонах средний охват населения составил $73,2 \pm 4,7$ % (медиана 73,1 %; ДИ 63,7–82,5 %). Распределение охвата населения по 100 прогонам для обоих сценариев близко к нормальному ($W = 0,987$; $p > 0,05$) представлено на рис.1.

Полное пространственное разделение двух распределений относительно порогового значения 70 % наглядно демонстрирует принципиальное различие в операционной надежности сценариев. Вертикальная пунктирная линия демонстрирует порог успешности 70 %. Отмечено, что при среднем риске большинство про-

гонов превышают порог (устойчивость 81 %), а при высоком риске оба распределения полностью находятся в зоне отказа.

Устойчивость (доля прогонов с охватом ≥ 70 %) – 81 %. Среднее количество суток с блокировкой – $8,8 \pm 2,6$, задержка доставки – $13,12 \pm 0,20$ сут. Результаты, характеризующие имитационную модель со сценарием среднего риска, представлены в табл. 2.

При применении в исследовании имитационной модели параметров высокого риска средний охват снизился до $37,4 \pm 4,6$ % (медиана 37,4 %; диапазон 28,7–48,6 %) – почти в два раза ниже, чем при среднем риске (табл. 3). Ни в одном из 100 прогонов охват не достиг порога 70 % (устойчивость = 0 %). Загруженность коечного фонда составила $90,3 \pm 13,8$ %, в 48 прогонах превысив 100 % (максимум – 129,4 %; 54 прогона).

Детальный анализ полученных результатов (табл. 4) позволяет определить, что наиболее сильные отрицательные корреляции с охватом населения обнаружены для суток с блокировкой ($r = -0,82$; $p < 0,001$) и задержкой доставки ($r = -0,85$; $p < 0,001$). Умеренная отрицательная связь выявлена между охватом и загруженно-

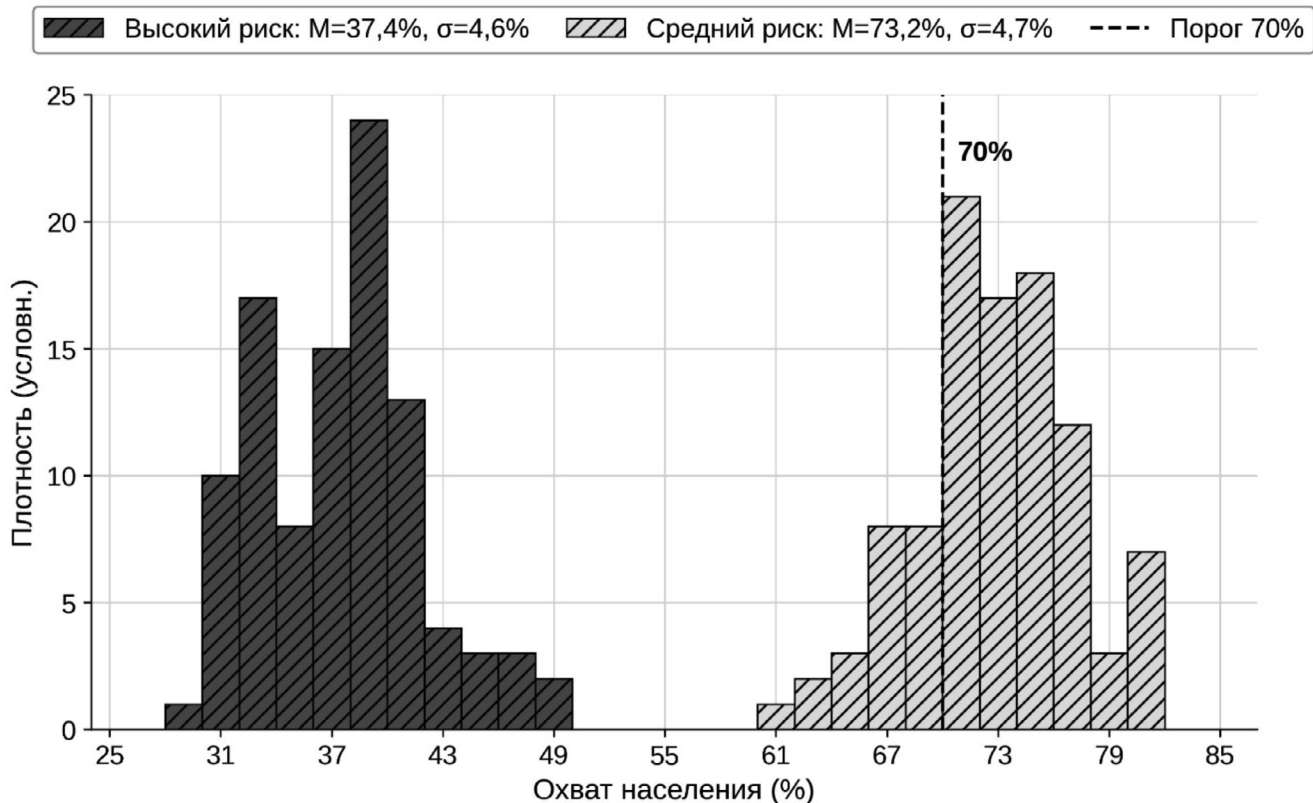


Рис. 1. Распределение охвата населения по 100 прогонам Монте-Карло (нормальное приближение)
Fig. 1. Distribution of population coverage across 100 Monte Carlo runs (normal approximation)

Таблица 2

Описательная статистика ключевых показателей эффективности, сценарий среднего риска
(*n* = 100)

Table 2

Descriptive statistics of key performance indicators, medium-risk scenario (*n* = 100)

Показатель	М	σ	Min	Max	Me
Охват населения, %	73,2	4,7	63,7	82,5	73,1
Абсолютный охват, тыс. чел.	385,0	23,1	334,9	434,0	386,4
Задержка доставки, сут.	13,12	0,20	12,62	13,62	13,12
Снижение ИРС, пункты	1,46	0,09	1,27	1,65	1,47
Дней с блокировкой	8,8	2,6	3	16	8
Загруженность коек, %	30,6	9,0	9,0	51,3	29,8
Дефицит медикаментов, % дней	2,2	0,0	2,2	2,2	2,2
Соблюдение «золотого часа», %	94,6	2,7	87,8	98,9	94,4
Число эвакуаций	20,1	13,5	0	60	20

Примечание: нулевое стандартное отклонение по дефициту медикаментов связано с фиксированными параметрами запасов в данной серии прогонов
Note: The zero standard deviation for drug stockouts is due to the fixed inventory parameters in this series of runs

Таблица 3

Описательная статистика ключевых показателей эффективности, сценарий высокого риска
(*n* = 100)

Table 3

Descriptive statistics of key performance indicators, high-risk scenario (*n* = 100)

Показатель	М	σ	Min	Max	Me
Охват населения, %	37,4	4,6	28,7	48,6	37,4
Абсолютный охват, тыс. чел.	196,6	24,2	150,9	255,5	197,0
Задержка доставки, сут	15,03	0,25	14,40	15,67	15,02
Снижение ИРС, пункты	0,75	0,09	0,57	0,97	0,75
Дни с блокировкой	32,3	4,3	21	41	32
Загруженность коек, %	90,3	13,8	62,8	129,4	92,1
Дефицит медикаментов, % дней	2,2	0,0	2,2	2,2	2,2
Соблюдение «Золотого часа», %	90,3	3,2	83,3	96,7	90,6
Количество эвакуаций	63,8	27,1	15	135	62,5

стью коек (*r* = −0,38): при среднем риске она была лишь −0,18, что говорит о нарастающем влиянии мер медицинского характера (оказания медицинской помощи в экстренной форме) по мере повышения нестабильности.
Тепловая карта корреляционной матрицы (рис. 2) наглядно выделяет два наиболее сильных предиктора снижения охвата – задержку доставки (*r* = −0,85) и количество суток с блокировкой маршрутов (*r* = −0,82), образующих единый логистический кластер высокого риска.

В табл. 5 представлено сопоставление ключевых показателей определения эффективности двух сценариев. Переход от среднего к высокому уровню риска привел к снижению охвата на 48,9 п. п. (с 73,2 до 37,4 %) при увеличении количества суток с блокировкой на 267 % и эвакуаций — на 217 %. Загруженность коечного фонда возросла почти в три раза (с 30,6 до 90,3 %).
Визуализация ключевых показателей эффективности при двух уровнях риска представлена на рис. 3. Выделенные цифрами над столбцами диаграммы – это точные количе-

Таблица 4

Корреляционная матрица (r Пирсона), сценарий высокого риска ($n = 100$; выделены значения r при $p < 0,01$)

Table 4

Correlation matrix (Pearson r), high-risk scenario ($n = 100$; r at $p < 0.01$ is shown in bold)

Параметр	Охват	Задержка	Блокировка	Загруженность коек	«Золотой час»	Эвакуация
Охват, %	1,00	-0,85	-0,82	-0,38	0,31	-0,22
Задержка	-0,85	1,00	0,79	0,29	-0,36	0,17
Блокировка	-0,82	0,79	1,00	0,27	-0,43	0,26
Загруженность коек	-0,38	0,29	0,27	1,00	-0,23	0,54
«Золотой час»	0,31	-0,36	-0,43	-0,23	1,00	-0,19
Эвакуация	-0,22	0,17	0,26	0,54	-0,19	1,00

Сценарий высокого риска ($n = 100$). Значения r Пирсона; выделены значимые при $p < 0,01$.

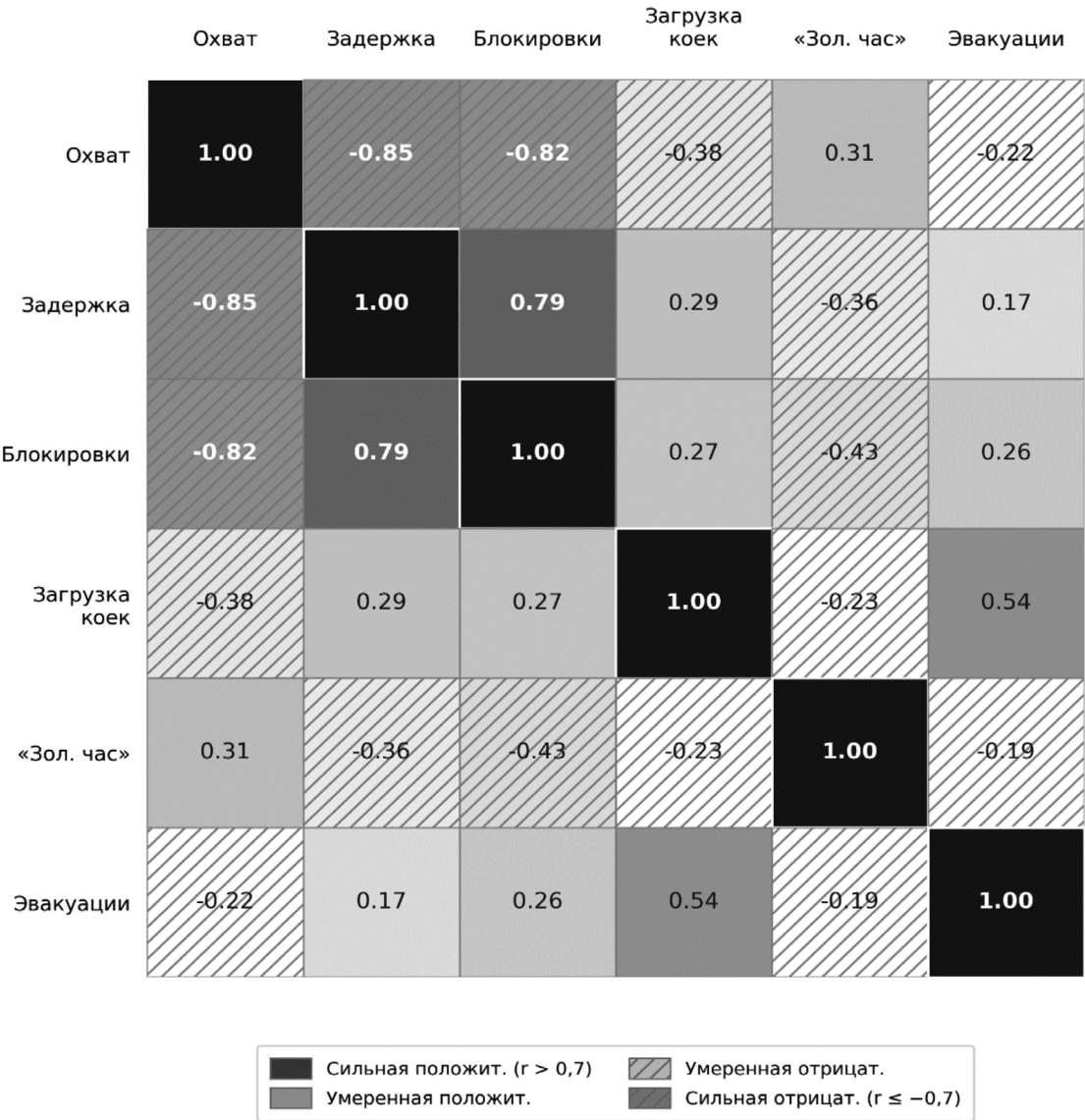


Рис. 2. Тепловая карта корреляционной матрицы (сценарий высокого риска, $n = 100$)
Fig. 2. Heat map of the correlation matrix (high-risk scenario, $n = 100$)

Таблица 5

Сравнение показателей эффективности при среднем и высоком уровне риска

Table 5

Comparison of performance indicators at medium and high risk levels

Показатель	Средний риск	Высокий риск	Абсолютное изменение	Относительное изменение, %
Охват населения, %	73,2	37,4	−35,8 п. п.	−48,9
Дни с блокировкой	8,8	32,3	+23,5	+267
Задержка доставки, сут	13,12	15,03	+1,91	+14,6
Загруженность коек, %	30,6	90,3	+59,7 п. п.	+195
«Золотой час», %	94,6	90,3	−4,3 п. п.	−4,5
Количество эвакуаций	20,1	63,8	+43,7	+217
Снижение ИРС, пункты	1,46	0,75	−0,71	−48,6
Устойчивость (≥ 70 охвата), %	81	0	−81 п. п.	−100

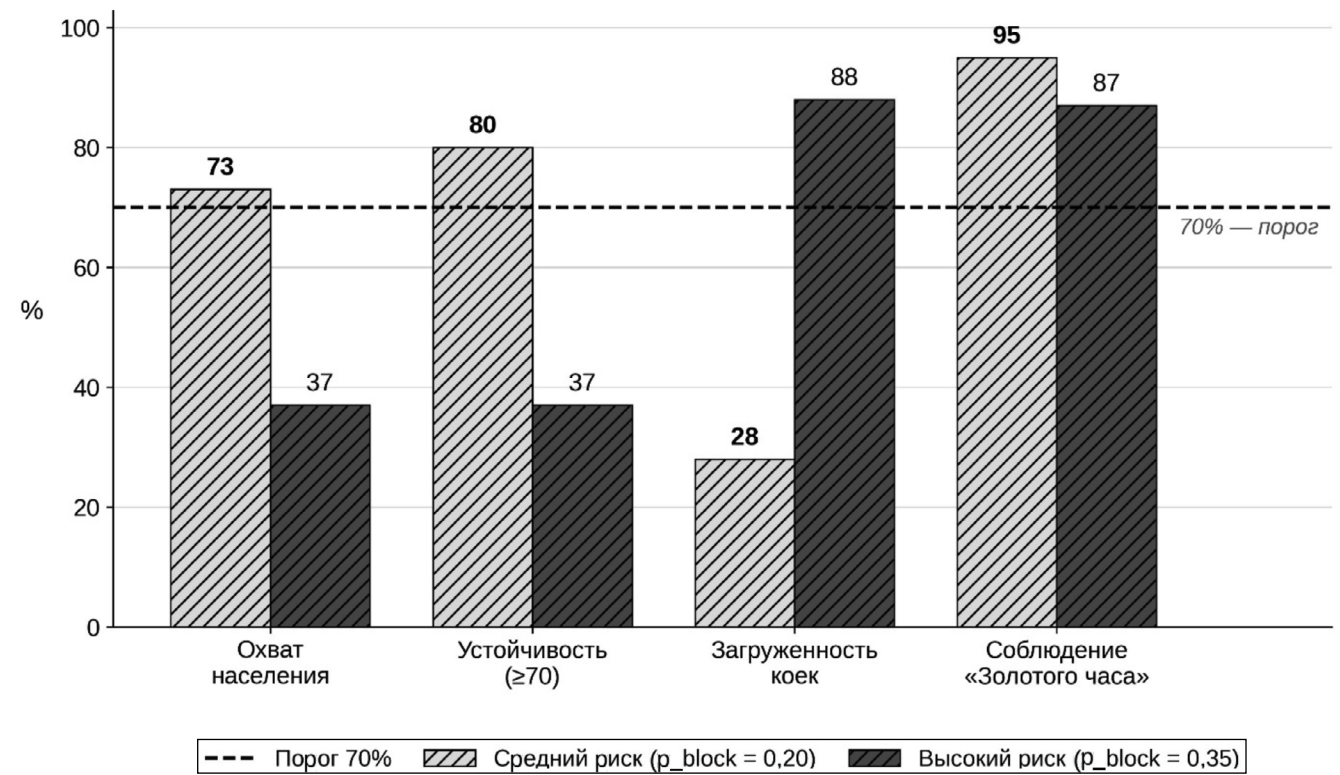


Рис. 3. Сравнение ключевых показателей эффективности при среднем и высоком уровнях риска
Fig. 3. Comparison of key performance indicators at medium and high risk levels

ственные метки средних значений показателей (охват населения, устойчивость операции, загруженность коечного фонда и соблюдение «золотого часа»), что облегчает восприятие различий между сценариями без необходимости сверяться с таблицами. Пунктирная линия фиксирует нормативный порог успешности охвата (70 %), достигнутый лишь при сценарии среднего риска.

При высоком риске охват снижается вдвое (37,4 % против 73,2 %), устойчивость падает до нуля, загруженность коек приближается к критической отметке.

Обсуждение. Полученные в ходе имитационного моделирования расчеты эффективности подтверждают то, что логистические сбои серьезно снижают результативность гуманитарных операций. Так, D. C. Guzmán-Cortés

с соавт. показали, что в зонах вооруженных конфликтов задержка доставки медикаментов на 3–5 сут ассоциируется со снижением охвата на 30–40 % [3]. В нашем исследовании задержка выросла с 13,12 до 15,03 сут, а охват упал на 48,9 п. п. — это несколько больше, чем в литературе, из-за дополнительной нагрузки на коечный фонд.

Загруженность коек 90,3 % при высоком риске (с перегрузкой в 48 % прогонов) соответствует данным Médecins Sans Frontières о полевых госпиталях в Дарфуре в 2022–2023 гг., где коэффициент загруженности коечного фонда достигал 95–110 % в периоды эпидемий холеры и кори [18]. Это подтверждает экологическую валидность нашей модели, а также необходимость повышения устойчивости (resilience) системы здравоохранения в зоне конфликта, что нашло свое обоснование в работе D. D. Saulnier и соавт. [19].

Показатель «Золотого часа» при среднем риске составляет 94,6 %, при высоком — 90,3 %. Снижение коррелирует с ростом блокировок ($r = -0,43$). Соответственно, наземные эвакуационные маршруты уязвимы, а при высоком риске резко возрастает значимость авиамедицинской эвакуации [4].

Нулевая устойчивость при высоком риске прямо указывает, что заданная конфигурация ресурсов не подходит для условий высокой нестабильности. Согласно действующим нормативам Минобороны России, при коэффициенте угрозы транспортным коммуникациям выше 0,30 требуется усиление материально-технического и медицинского обеспечения [17]. Таким образом, имитационная модель количественно подтверждает, что при вероятности блокировки маршрутов $p_{\text{block}} = 0,35$ медицинское обеспечение не достигает целевых показателей (охват 37,4 %, устойчивость 0 %, загруженность коек 90,3 %), что делает выполнение гуманитарного мандата невозможным. Анализ чувствительности полученной имитационной модели по ряду изученных параметров (рис. 4) показывает, что деградация системы носит нелинейный характер: устойчивость операции обнуляется уже при $p_{\text{block}} \approx 0,28$, тогда как охват продолжает снижаться по близкому к линейному закону вплоть до $p_{\text{block}} = 0,40$ (22,7 %). Это указывает на существование критического порога надежности выполнения мероприятий медицинского обеспечения, ниже которого наращивание

медицинской помощи пострадавшему населению без защиты маршрутов эвакуации теряет практический смысл [11].

На это, в первую очередь, влияет дефицит медикаментов, а во-вторых — пропускная способность эвакуационных транспортных средств. При 60–135 эвакуациях за операцию в реальных условиях возникают очереди, что увеличивает время до госпитализации. В-третьих, эффект масштаба (нелинейный рост охвата при снижении блокировок) не моделируется: в исследовании использовали линейную зависимость между блокировками и задержкой, что является ограничением, характерным для ряда имитационных моделей [19], и согласуется с выводами о необходимости повышения устойчивости систем здравоохранения в условиях нестабильности [9]. В отличие от сложных эвристических алгоритмов, в частности оптимизационных подходов на основе роя пчёл [10], представленная модель базируется на линейной аппроксимации. Такое упрощение является преднамеренным и позволяет сохранить интерпретируемость результатов и воспроизводимость расчётов, что критически важно для практического применения при планировании медицинского обеспечения.

Роль МЧС России в решении гуманитарных задач также детально раскрыта в работе А. М. Письменского [20]. Однако, в отличие от гражданских механизмов реагирования, военно-медицинская составляющая требует учета факторов боевой обстановки, что и было реализовано в представленной модели.

Заключение. Проведенное исследование показало, что разработанная стохастическая имитационная модель медицинского обеспечения гуманитарной операции, объединяющая модули логистики, коечного фонда, эвакуации и эпидемиологической обстановки [11, 21], обладает достаточной экологической валидностью и может применяться для оценки эффективности планируемых гуманитарных операций в зонах вооруженных конфликтов с высокой нестабильностью. Вычислительные эксперименты с варьированием вероятности блокировки маршрутов позволили количественно охарактеризовать устойчивость системы медицинского обеспечения в двух контрастных сценариях. При среднем уровне риска ($p_{\text{block}} = 0,20$) модель демонстрирует охват населения медицинской помощью на

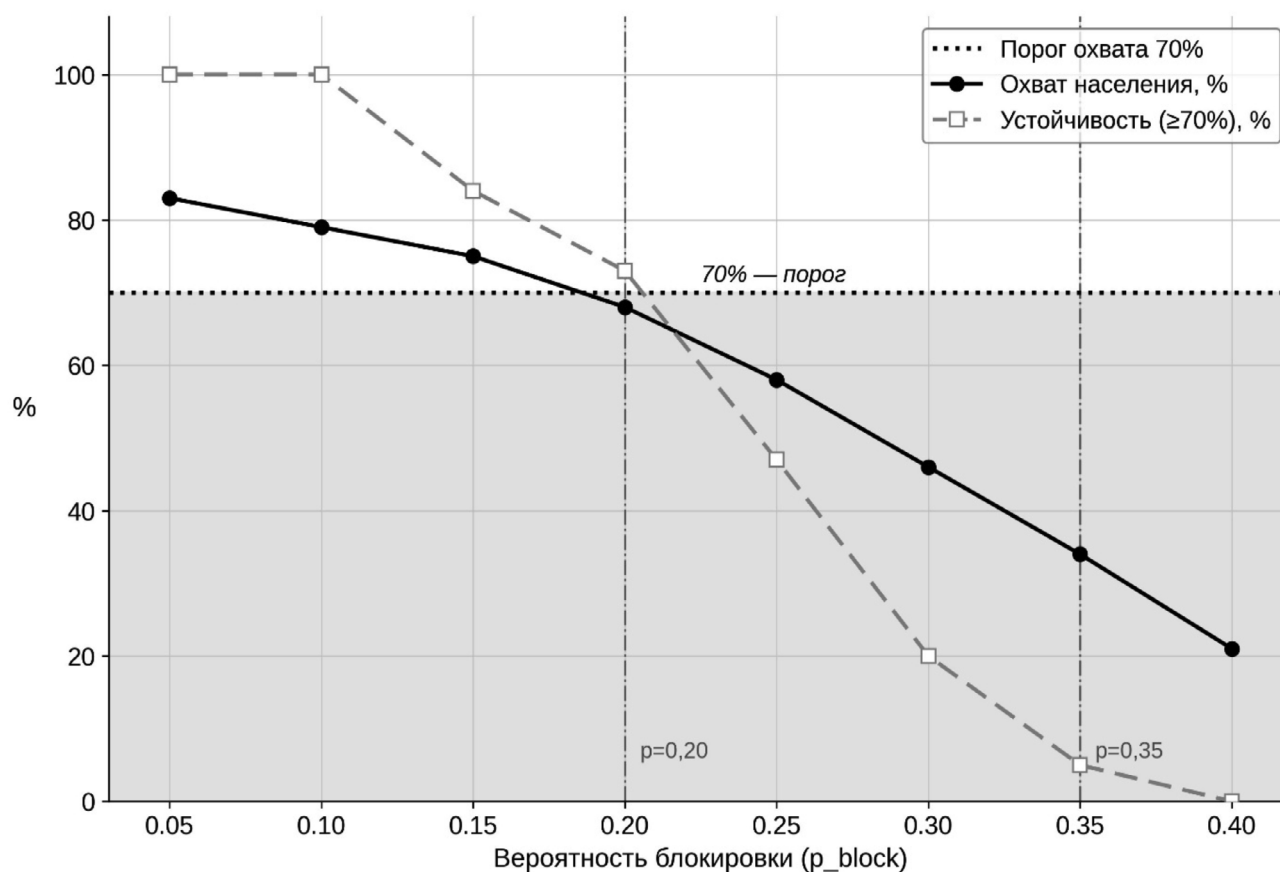


Рис. 4. Анализ чувствительности: зависимость охвата населения и устойчивости операции от вероятности блокировки маршрутов ($p_{\text{block}} = 0,05-0,40$)

Fig. 4. Sensitivity analysis: dependence of population coverage and operation sustainability on the probability of route blocking ($p_{\text{block}} = 0,05-0,40$)

уровне 73,2 %, устойчивость (доля успешных прогонов) — 81 % и загруженность коечного фонда — 30,6 %, что соответствует приемлемым нормативам гуманитарных операций. Переход к высокому уровню риска ($p_{\text{block}} = 0,35$) приводит к снижению охвата до 37,4 %, обнулению устойчивости и росту загруженности коек до 90,3 % с перегрузкой стационара в 48 % прогонов. Ключевым дестабилизирующим фактором выступают блокировки маршрутов, о чём свидетельствует сильная отрицательная корреляция между количеством суток с блокировкой и охватом населения ($r = -0,82$; $p < 0,001$).

На основании полученных результатов сформулированы научно обоснованные практические рекомендации по усилению медицинского обеспечения пострадавшего населения для условий высокого риска: увеличение коечного фонда до 2800–3500 коек, создание трехмесяч-

ного резервного запаса лекарственных средств и медицинских изделий с гарантированным ежедневным пополнением не менее 300 комплектов медицинского имущества (включающих лекарственные средства, перевязочные материалы, инфузионные растворы и расходные материалы) в специальной таре, применения авиамедицинской эвакуации (не менее двух санитарных вертолетов) и задействование не менее трех альтернативных наземных маршрутов (санитарных автомобилей).

Полученные количественные оценки могут служить надежным обоснованием для запроса дополнительных материально-технических ресурсов при планировании гуманитарных операций в регионах военных конфликтов с высоким уровнем нестабильности, обеспечивая переход от интуитивных решений к доказательному планированию.

Информация об авторах:

Гузев Руслан Николаевич — преподаватель кафедры организации и тактики медицинской службы, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; SPIN: 8841-4128; ORCID: 0009-0008-6470-2649; e-mail: rusdoc328@mail.ru

Лемешкин Роман Николаевич — доктор медицинских наук, профессор кафедры организации и тактики медицинской службы, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; SPIN: 8660-5837; ORCID: 0000-0002-8291-6965; e-mail: lemeshkinroman@rambler.ru

Мосягин Игорь Геннадьевич — доктор медицинских наук, профессор, начальник военно-медицинского управления, Главное командование Военно-Морского Флота Российской Федерации; Россия, 191055, Санкт-Петербург, Адмиралтейский пр-д, д. 1; ORCID: 0000-0002-9485-6584; e-mail: mosyagin-igor@mail.ru

Пуляев Михаил Николаевич — начальник службы авиационной медицины (главный авиационный врач-инспектор) управления морской авиации и противовоздушной обороны, Главное командование Военно-Морского Флота Российской Федерации; Россия, 191055, Санкт-Петербург, Адмиралтейский пр-д, д. 1; e-mail: pulyaevm@yandex.ru

Гусева Оксана Игорьевна — кандидат медицинских наук, старший преподаватель кафедры управления военным здравоохранением, филиал Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова; Россия, 107392, Москва, ул. Малая Черкизовская, д. 7, стр.1; SPIN: 8014-2914; e-mail: ars787ysh@mail.ru

Information about the authors:

Ruslan N. Guzev – Lecturer, Department of Organization and Tactics of Medical Service, Military Medical Academy named after S. M. Kirov; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; SPIN: 8841-4128; ORCID: 0009-0008-6470-2649; e-mail: rusdoc328@mail.ru

Roman N. Lemeshkin – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Department of Organization and Tactics of Medical Service; Military Medical Academy named after S. M. Kirov; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; SPIN: 8660-5837; ORCID: 0000-0002-8291-6965; e-mail: lemeshkinroman@rambler.ru

Igor G. Mosyagin – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of Military Medical Department, Main Command of the Navy of the Russian Federation; Russia, 191055, Saint Petersburg, Admiralteyskiy Drive, 1; ORCID: 0000-0002-9485-6584; e-mail: mosyagin-igor@mail.ru

Mikhail N. Pulyaev – Head of Aviation Medicine Service (Chief Aviation Medical Inspector), Naval Aviation and Air Defense Directorate, Main Command of the Navy of the Russian Federation; Russia, 191055, Saint Petersburg, Admiralteyskiy Drive, 1; e-mail: pulyaevm@yandex.ru

Oksana I. Guseva – Cand. of Sci. (Med.), Senior Lecturer, Department of Military Healthcare Management; Branch of the S. M. Kirov Military Medical Academy; 107392, Moscow, Russia, Malaya Cherkizovskaya St., 7, bldg. 1; SPIN: 8014-2914; e-mail: ars787ysh@mail.ru

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Наибольший вклад распределен следующим образом: Р. Н. Гузев — разработка концепции и дизайна исследования, проведение имитационного моделирования, анализ результатов, написание текста, подготовка окончательной версии; Р. Н. Лемешкин — сбор исходных данных по Судану, участие в разработке эпидемиологического модуля, редактирование рукописи; И. Г. Мосягин — правовое обоснование, анализ зарубежной литературы, редактирование рукописи; М. Н. Пуляев — подготовка английской версии резюме, проверка соответствия рукописи требованиям журнала, подготовка окончательной версии; О. И. Гусева — статистическая обработка результатов моделирования, подготовка иллюстративного материала, оформление списка литературы.

Author contribution. All authors confirm their authorship according to the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the research and preparation of the article, read and approved this version before publication).

Special contribution: RNG study concept and design development, simulation modeling, results analysis, writing, and final drafting. RNL collection of initial data for Sudan, participation in the development of the epidemiological module, and manuscript editing. IGM legal justification, analysis of international literature, and manuscript editing. MNP preparation of the English version of the abstract, verification of the manuscript's compliance with the journal's requirements, and final drafting. OIG statistical processing of modeling results, preparation of illustrative material, and preparation of the bibliography.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. The authors declare that they have no competing interests.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Funding: the study was carried out without additional funding.

Поступила/Received: 12.05.2026
Принята к печати/Accepted: 15.09.2026
Опубликована/Published: 30.09.2026

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. World Health Organization. Sudan emergency. Geneva: World Health Organization; 2023.
2. Integrated Food Security Phase Classification. Sudan: Integrated Food Security Phase Classification Snapshot. April 2022–February 2023. Rome: IPC Global Support Unit; 2022, Jun 10.

3. Guzmán-Cortés D. C., González-Rodríguez L., Franco C., Guerrero W. J. A simulation approach for collaborative humanitarian aid distribution management: the case of Bogotá city. *Heliyon*, 2022, 8(11), e11465. doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e11465.
4. Eastridge B. J., Mabry R. L., Shackelford S., et al. Death on the battlefield (2001–2011): Implications for the future of combat casualty care. *J Trauma Acute Care Surg*, 2012, 73, S431–S437. doi: 10.1097/TA.0b013e3182755dcc.
5. Гузеев Р. Н., Лемешкин Р. Н., Блинов В. А. и др. Опыт работы медицинской службы Вооруженных Сил Российской Федерации в ходе выполнения мероприятий гуманитарного характера // Медицина катастроф. 2025. № 3. С. 42–51 [Guzeev R. N., Lemeshekin R. N., Blinov V. A., et al. Experience of the Medical Service of the Armed Forces of the Russian Federation During Humanitarian Operations. *Disaster Medicine*, 2025, No. 3, pp. 42–51 (In Russ.)]. doi: 10.33266/2070-1004-2025-3-42-45.
6. Jahre M., Kembro J., Rezvanian T., Ergun O., Fagerholt K. How to increase the impact of disaster relief? A study of transportation rates, framework agreements and product distribution. *Prod Oper Manag*, 2018, 27(7), 1267–1286. doi: 10.1111/poms.12860.
7. Fazli L. Designing an integrated disaster relief supply chain network under uncertainty. *Soft Comput*, 2026, 30, 241–261. doi:10.1007/s00500-025-10874-8.
8. Mustafee N., Powell J. H. From hybrid simulation to hybrid systems modelling. In: Johansson B., Jain S., Rose O., Rabe M., Skoogh A., Mustafee N., Juan AA, editors. *Proceedings of the 2018 Winter Simulation Conference*. Piscataway (NJ): IEEE, 2018, p. 2495–2506.
9. Jemai Z., Aboueljainane L., Sahin E. A review on simulation models applied to emergency medical service operations. *Comput Ind Eng*. 2013, 66(4), 734–750. doi:10.1016/j.cie.2013.09.017.
10. Cherniavska T., Cherniavskiy B., Sanikidze T., Sharashenidze A., Tortladze M., Buleishvili M. Optimization of medical logistics with bee colony algorithms in emergency, military conflict and post-war remediation settings. Paper presented at: 7th International Conference on Informatics & Data-Driven Medicine (IDDM 2024); 2024, Nov 14–16, Birmingham, UK.
11. Лемешкин Р. Н., Крикунов А. В., Ковальчук С. В., Савченко И. Ф. Имитационная модель оказания медицинской помощи раненым в медицинском отряде специального назначения в ходе ликвидации медико-санитарных последствий чрезвычайных ситуаций // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2017. № 4. С. 20–33 [Lemeshekin R. N., Krikunov A. V., Kovalchuk S. V., Savchenko I. F. Simulation Model of Providing Medical Care to the Wounded in a Special Purpose Medical Detachment During the Liquidation of Medical and Sanitary Consequences of Emergency Situations. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*, 2017, No. 4, pp. 20–33 (In Russ.)]. doi: 10.25016/2541-7487-2017-0-4-20-33.
12. Овчаренко А. П. Организационно-методическое обеспечение нештатных формирований Службы медицины катастроф Министерства обороны Российской Федерации: диссертация ... кандидата медицинских наук. Санкт-Петербург; 2024. 209 с. [Ovcharenko A. P. Organizational and Methodological Support for Non-Staff Formations of the Disaster Medicine Service of the Ministry of Defense of the Russian Federation: dissertation ... candidate of medical sciences. St. Petersburg; 2024, 209 p. (In Russ.)].
13. Овчаренко А. П., Толстошеев В. Н., Кульнев С. В. и др. Определение исходной нормативной информации для создания имитационных моделей работы этапов медицинской эвакуации при ликвидации медико-санитарных последствий землетрясения // Юбилейная научно-практическая конференция – 2021: сборник материалов Всеармейской научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения генерал-майора медицинской службы О.С. Лобастова, Санкт-Петербург, 26 ноября 2021 г., Санкт-Петербург: Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 2021, С. 98–105 [Ovcharenko A. P., Tolstosheev V. N., Kulnev S. V., et al. Determination of Baseline Normative Information for Creating Simulation Models of Medical Evacuation Stages During the Liquidation of Medical and Sanitary Consequences of an Earthquake. *Anniversary Scientific and Practical Conference – 2021: Collection of Materials of the All-Army Scientific and Practical Conference Dedicated to the 100th Anniversary of the Birth of Major General of Medical Service O.S. Lobastov*, St. Petersburg, November 26, 2021, St. Petersburg: Military Medical Academy named after S. M. Kirov; 2021, pp. 98–105 (In Russ.)].
14. Борисов Д. Н., Кушнирчук И. И., Лемешкин Р. Н. К вопросу имитационного моделирования медицинского обеспечения войск (сил) // Известия Российской военно-медицинской академии. 2020. № 39. С. 150–154 [Borisov D. N., Kushnirchuk I. I., Lemeshekin R. N. On the Issue of Simulation Modeling of Medical Support for Troops (Forces). *Izvestiya of the Russian Military Medical Academy*, 2020, No. 39, pp. 150–154 (In Russ.)].
15. Кульнев С. В., Борисов Д. Н., Кушнирчук И. И. и др. Возможности применения систем моделирования в интересах медицинского обеспечения войск // Известия Российской военно-медицинской академии. 2019. № 38 (4). С. 130–132 [Kulnev S. V., Borisov D. N., Kushnirchuk I. I., et al. Possibilities of Using Simulation Systems in the Interests of Medical Support for Troops. *Izvestiya of the Russian Military Medical Academy*, 2019, No. 38 (4), pp. 130–132 (In Russ.)].
16. Sphere Association. *The Sphere Handbook: Humanitarian Charter and Minimum Standards in Humanitarian Response* [Internet]. 4th ed. Geneva: Sphere Association; 2018.
17. Шелепов А. М., Жуков А. А., Каниболоцкий М. Н., Лемешкин Р. Н. Влияние основных принципов формирования структур медицинской службы на эффективность лечебно-эвакуационного обеспечения войск (сил) в современных условиях // Юбилейная научно-практическая конференция – 2017: сборник статей и тезисов, посвященной 150-летию преобразования медицинского департамента Военного министерства в Главное военно-медицинское управление, Санкт-Петербург, 30 ноября 2017 г., Санкт-Петербург: Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 2018, С. 68–71 [Shelepov A. M., Zhukov A. A., Kanibolotsky M. N., Lemeshekin R. N. The Influence of the

- Basic Principles of Forming Medical Service Structures on the Effectiveness of Medical Evacuation Support for Troops (Forces) in Modern Conditions. *Anniversary Scientific and Practical Conference – 2017: Collection of Articles and Abstracts Dedicated to the 150th Anniversary of the Transformation of the Medical Department of the War Ministry into the Main Military Medical Directorate*, St. Petersburg, November 30, 2017, St. Petersburg: Military Medical Academy named after S. M. Kirov; 2018, pp. 68–71 (In Russ.).
18. Médecins Sans Frontières. International activity report 2023 [Internet]. Geneva: Médecins Sans Frontières; 2024.
19. Saulnier D. D., Blanchet K., Canila C., Cobos Muñoz D., Dal Zennaro L., de Savigny D., Durski KN, Garcia F, Grimm PY, Kwamie A, Maceira D, Marten R, Peytremann-Bridevaux I, Poroos C, Ridde V., Seematter L., Stern B., Suarez P., Teddy G., Wernli D., Wyss K., Tediosi F. A health systems resilience research agenda: moving from concept to practice. *BMJ Glob Health*, 2021, 6(8), e006779. doi:10.1136/bmjgh-2021-006779.
20. Письменский А. М. Некоторые аспекты понимания основных направлений деятельности МЧС России // *Современные исследования как драйвер роста экономики и социальной сферы: сборник статей II Международной научно-практической конференции*, Петрозаводск, 21 февраля 2022 г., Петрозаводск: Новая Наука; 2022, С. 28–37 [Pismensky A. M. Some Aspects of Understanding the Main Directions of Activity of the EMERCOM of Russia. *Modern Research as a Driver of Economic and Social Growth: Collection of Articles of the II International Scientific and Practical Conference*, Petrozavodsk, February 21, 2022, Petrozavodsk: Novaya Nauka; 2022, pp. 28–37 (In Russ.)].
21. Лемешкин Р. Н., Савченко И. Ф., Латыпов И. Ф. и др. Имитационное моделирование – инструмент научного изучения организации медицинского обеспечения войск (сил) в военных конфликтах и чрезвычайных ситуациях мирного времени // *Медицина катастроф*. 2018. № 2. С. 5–10 [Lemeshkin R. N., Savchenko I. F., Latypov I. F., et al. Simulation Modeling as a Tool for Scientific Study of the Organization of Medical Support for Troops (Forces) in Military Conflicts and Peacetime Emergency Situations. *Disaster Medicine*, 2018, No. 2, pp. 5–10 (In Russ.)].

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АПЕЛИСИБА С ФУЛВЕСТРАНТОМ ПОСЛЕ ПРОГРЕССИРОВАНИЯ НА ФУЛВЕСТРАНТЕ ПРИ PIK3CA-МУТИРОВАННОМ HR+/HER2- МЕТАСТАТИЧЕСКОМ РАКЕ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ: РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ РЕАЛЬНОЙ КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

Н. Х. Абдулова *, В. М. Моисеенко, А. С. Жабина, О. А. Скрипко

Санкт-Петербургский клинический научно-практический центр специализированных видов
медицинской помощи (онкологический) имени Н. П. Напалкова, Санкт-Петербург, Россия

ЦЕЛЬ. Оценка беспрогрессивной выживаемости (БПВ) и частоты объективного ответа при применении фулвестранта с алпелисибом в группе пациентов с люминальным PIK3CA+/HER2-метастатическом раке молочной железы (мРМЖ), получавших ранее фулвестрант.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Мы ретроспективно оценили результаты лечения 45 пациенток с PIK3CA-мутированным HR+/HER2-мРМЖ, которые с 01.01.2021 по 01.01.2025 г. получали алпелисиб в комбинации с фулвестрантом после прогрессирования на фулвестранте в одной из предшествующих линий терапии в Государственном бюджетном учреждении здравоохранения «Санкт-Петербургский клинический научно-практический центр специализированных видов медицинской помощи (онкологический) имени Н. П. Напалкова».

РЕЗУЛЬТАТЫ. В анализ были включены 45 пациенток, которые с 01.01.2021 по 01.01.2025 г. получали терапию алпелисибом в сочетании с фулвестрантом: 22,2 % ($n = 10$) — во второй, 46,7 % ($n = 21$) — в третьей, 24,4 % ($n = 11$) четвертой и 6,7 % ($n = 3$) пятой линиях терапии. Одну линию химиотерапии по поводу мРМЖ ранее получали 26,7% ($n = 12$) пациенток. У 46,7 % ($n = 21$) пациенток в исследовании была зафиксирована редукция дозы алпелисиба 1-й степени, у 1 пациентки — отмена терапии в связи с токсичностью. Медиана наблюдения для всей когорты составила 10 мес (IQR 5–12). Частичный ответ, оцененный по системе RECIST 1.1, был достигнут у 6,7 % ($n = 3/45$) пациенток, стабилизация — у 42,2 % ($n = 19/45$). Частота клинической пользы (ЧКП) составила 48,9 % ($n = 22/45$). Медиана беспрогрессивной выживаемости была $5,0 \pm 0,75$ мес (95 %; ДИ: 3,56–6,44). При этом у 11,1 % ($n = 5/45$) участниц исследования был зафиксирован ответ на терапию продолжительностью более 12 мес.

ОБСУЖДЕНИЕ. Применение терапии фулвестрантом в сочетании с алпелисибом в группе пациенток с PIK3CA-мутированным HR+/HER2-мРМЖ, получавших фулвестрант в предшествующих линиях, показало клиническую пользу: ЧКП составила 48,9 %, медиана БПВ — 5,0 мес. Среди важных ограничений нашей работы — малая выборка пациенток.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Результаты ретроспективного анализа данных реальной клинической практики показывают, что применение комбинации фулвестранта с алпелисибом после прогрессирования на фулвестранте может быть эффективным.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, PIK3CA, алпелисиб, метастатический рак молочной железы; мРМЖ, фулвестрант, прогрессирование

*Для корреспонденции: Абдулова Нурунисо Хамдуллоевна, e-mail: abduloeva-n@mail.ru

*For correspondence: Nuriniso Kh. Abduloeva, e-mail: abduloeva-n@mail.ru

Для цитирования: Абдулова Н. Х., Моисеенко В. М., Жабина А. С., Скрипко О. А. Эффективность алпелисиба с фулвестрантом после прогрессирования на фулвестранте при PIK3CA-мутированном HR+/HER2- метастатическом раке молочной железы: ретроспективный анализ данных реальной клинической практики // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 3. С. 43–48, <https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-43-48>; EDN: <https://elibrary.ru/ZLEFOC>

For citation: Abduloeva N. Kh., Moiseenko V. M., Zhabina A. S., Skripko O. A. Effectiveness of alpelisib with fulvestrant after progression on fulvestrant among patients with PIK3CA-mutated HR+/HER2- metastatic breast cancer: a retrospective real-world data analysis // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 3. P. 43–48, <https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-43-48>; EDN: <https://elibrary.ru/ZLEFOC>

© Авторы, 2026. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины» Федерального медико-биологического агентства. Данная статья распространяется на условиях открытого доступа в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 («Attribution-NonCommercial-ShareAlike» / «Атрибуция-Некоммерчески-Сохранение Условий» 4.0), которая разрешает ее неограниченное некоммерческое использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при указании автора и источника. Чтобы ознакомиться с полными условиями данной лицензии на русском языке, посетите сайт: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.ru>

EFFECTIVENESS OF ALPELISIB WITH FULVESTRANT AFTER PROGRESSION ON FULVESTRANT AMONG PATIENTS WITH *PIK3CA*-MUTATED HR+/HER2- METASTATIC BREAST CANCER: A RETROSPECTIVE REAL-WORLD DATA ANALYSIS

Nuriniso Kh. Abduloeva *, Vladimir M. Moiseenko, Albina S. Zhabina, Olga A. Skripko
Saint Petersburg Clinical Scientific and Practical Center for Specialized Types of Medical Care (Oncological) named after N. P. Napalkov, Saint Petersburg, Russia

OBJECTIVE. The study aims to evaluate progression-free survival (PFS) and objective response rate (ORR) when using fulvestrant with alpelisib in a group of patients with luminal *PIK3CA*+ / HER2- mBC who previously received fulvestrant.

MATERIALS AND METHODS. We retrospectively assessed the treatment outcomes of 45 patients with *PIK3CA*-mutated HR+HER2- mBC who received alpelisib in combination with fulvestrant after progression on fulvestrant in one of the previous lines of therapy at the State Budgetary Healthcare Institution "Saint Petersburg Clinical Scientific and Practical Center for Specialized Types of Medical Care (Oncological) named after N. P. Napalkov" from January 1, 2021, to January 1, 2025.

RESULTS. The analysis included 45 patients who received alpelisib with fulvestrant from January 1, 2021, to January 1, 2025: 22.2 % ($n = 10$) in the second line, 46.7 % ($n = 21$) in the third line, 24.4 % ($n = 11$) in the fourth line, and 6.7 % ($n = 3$) in the fifth line of therapy. Chemotherapy for mBC had been previously administered to 26.7 % ($n = 12$) of the patients. A dose reduction of alpelisib was recorded in 46.7 % ($n = 21$) of patients, and one patient discontinued therapy due to toxicity. The median follow-up for the entire cohort was 10 months (IQR 5–12). A partial response, assessed by RECIST 1.1 criteria, was observed in 6.7 % ($n = 3$) of patients, and stabilization was noted in 42.2 % ($n = 19$). The median progression-free survival was 5.0 months $\pm$ 0.75 (95 %; CI: 3.56–6.44). Additionally, a response to therapy lasting more than 12 months was recorded in 11.1 % ($n = 5$) of study participants.

CONCLUSIONS. The use of fulvestrant with alpelisib in patients with *PIK3CA*-mutated HR+/HER2- mBC who received fulvestrant in previous lines showed clinical benefit. Among the significant limitations of our study is the small sample size of patients.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, *PIK3CA*, alpelisib, metastatic breast cancer, mBC, fulvestrant, progression

Введение. Мутации в гене *PIK3CA* встречаются примерно в 40 % случаев HR+HER2- рака молочной железы (РМЖ) [1]. Появление мутации в гене *PIK3CA* опухолевой клетки приводит к активации сигнального каскада PI3K–АКТ–mTOR, что в конечном итоге активирует протоонкогенный белок mTOR, разновидности которого отвечают за усиление анаболизма и повышение пролиферативной активности клетки [2].

По результатам рандомизированного клинического исследования SOLAR-1, препарат алпелисиб, ингибитор *PIK3CA*, был внедрен в клинические рекомендации Российской Федерации (РФ) для лечения пациенток с люминальным *PIK3CA*+ /HER-метастатическим раком молочной железы (мРМЖ) [3, 4], показавшего статистически значимое увеличение медианы беспрогрессивной выживаемости (БПВ) в группе пациенток, получавших терапию алпелисибом с фулвестрантом в сравнении с группой, получавшей фулвестрант в монорежиме (11,0 после 5,7 мес). Пациенток, ранее получавших фулвестрант, в исследование не включили.

В дальнейшем в исследовании II фазы BYLieve оценивали эффективность алпелисиба с фулвестрантом во второй линии терапии, а именно: после прогрессирования на стандартной первой линии — iCDK 4/6 в комбинации с ингибиторами ароматазы. В результате, у 50,4 % ($n = 61$) пациенток с выявленной мутацией в гене *PIK3CA* не зафиксировано прогрессирования спустя 6 мес от начала терапии [5]. При этом в протоколе исследования был предусмотрен и рукав В, в котором пациенты получали алпелисиб с фулвестрантом после прогрессирования на фулвестранте в комбинации iCDK 4/6. Однако анализ результатов лечения данной группы пока не опубликован.

Применение алпелисиба в монорежиме в группе предлеченных пациенток с *PIK3CA*-HR+/HER2-мРМЖ изучалось в исследовании II фазы [6]. Среди включенных 33 пациенток у 30 % ($n = 10$) был зафиксирован частичный ответ.

Убедительные данные об эффективности применения комбинации фулвестранта с алпелисибом после прогрессирования на фулвестранте

в настоящее время отсутствуют. Тем не менее опубликованы результаты ретроспективного анализа данных реальной клинической практики как иностранных, так и отечественных исследователей. Они показывают, что комбинация данных препаратов может быть эффективной после прогрессирования на фулвестранте [7–10]. Таким образом, вопрос остается открытым, и необходимо проведение дальнейших исследований.

Цель. Оценка беспрогрессивной выживаемости (БПВ) и частоты объективного ответа при применении фулвестранта с алпелисибом в группе пациентов с люминальным *PIK3CA*+/*HER2*-метастатическом раке молочной железы (мРМЖ), получавших ранее фулвестрант.

Материалы и методы. Авторы провели ретроспективное одноцентровое исследование, цель которого — оценить эффективность терапии алпелисибом с фулвестрантом после прогрессирования на фулвестранте в группе предлеченных пациентов с *HR*+/*HER2*-мРМЖ. Были проанализированы показатели беспрогрессивной выживаемости и частоты объективных ответов в исследуемой группе.

В исследование были включены 45 пациенток с диагнозом *HR*+/*HER2*-метастатический рак молочной железы (мРМЖ), которые после прогрессирования на фоне фулвестранта в монорежиме или в комбинации с *iCDK 4/6* получали фулвестрант в комбинации с алпелисибом в ГБУЗ «СПбКНпЦСВМП(о) им. Н. П. Напалкова» в период с 01.01.2021 по 01.01.2025 г. У всех включенных в исследование пациенток в опухолевом материале выявлена мутация в гене *PIK3CA*. Наличие таргетируемых метастатических очагов являлось обязательным критерием включения в исследование.

Методы описательной статистики применяли в зависимости от типа переменных. При нормальном распределении использовали *t*-критерий Стьюдента, отличном от нормального: тест Манна–Уитни. Применялся 95 % доверительный интервал (ДИ) и значение двустороннего критерия *p*. Анализ беспрогрессивной выживаемости проводили с помощью метода Каплана–Мейера.

Статистический анализ выполняли с помощью пакета программ SPSS IBM® SPSS® Statistics (версия 26).

Результаты. В период с 01.01.2021 по 01.01.2025 г. в ГБУЗ «СПбКНпЦСВМП(о) им. Н. П. Напалкова» 45 пациенток с диагнозом

PIK3CA-мутированного *HR*+ *HER2*-мРМЖ получали терапию по схеме фулвестрант + алпелисиб после прогрессирования на фулвестранте в одной из предшествующих линий терапии. Клинические характеристики пациентов представлены в табл. 1.

Средний возраст пациенток составил $60,9 \pm 8,7$ года (95 %; ДИ: 58,2–63,5). Все пациентки находились в менопаузе в связи с возрастом или хирургическим вмешательством (билатеральной овариэктомией).

У большинства (75,6 %) пациенток статус по шкале ECOG соответствовал 1 баллу; у остальных — 0 (4,4 %) или 2 (20 %) баллам.

Контролируемый сахарный диабет 2-го типа был отмечен у 4 пациенток; перед началом терапии алпелисибом они получили консультацию эндокринолога.

У всех участниц исследования зафиксированы таргетируемые висцеральные метастатические очаги. У 3 пациенток на момент начала терапии алпелисибом с фулвестрантом были пролеченные метастазы в головном мозге.

Все пациентки ранее получали гормонотерапию: 26,7 % ($n = 12$) — одну линию, 57,8 % ($n = 26$) — две линии, 15,6 % ($n = 7$) — три линии. В одной из предшествующих линий гормонотерапии обязательно применялись *iCDK4/6*, а также фулвестрант. По поводу метастатического РМЖ: 26,7 % ($n = 12$) участниц ранее получали одну линию химиотерапии.

Большинство пациенток (46,7 %; $n = 21$) в исследовании получали терапию фулвестрантом в сочетании с алпелисибом в третьей линии терапии. Остальные 22,2 % ($n = 10$) — во второй, 24,4 % ($n = 11$) — в четвертой и 6,7 % ($n = 3$) — в пятой линии.

Только одной участнице исследования терапии алпелисибом была отменена по причине непереносимой токсичности (выраженная кожная реакция), еще 21 пациентке потребовалась редукция дозы алпелисиба 1-й степени в связи с гипергликемией.

Медиана наблюдения для всей когорты пациентов составила 10 мес (IQR 5–12). Результаты лечения представлены в табл. 2.

В исследуемой группе частота объективного ответа, оцененная по системе RECIST 1.1, составила 6,7 % ($n = 3/45$), частота стабилизации — 42,2 % ($n = 19/45$). У 5 (11,1 %) пациенток в исследовании был зафиксирован ответ на терапию продолжительностью ≥ 12 мес.

Таблица 1
Клинические характеристики пациенток
Table 1
Clinical characteristics of the patients

Возраст (М), годы		n	%
		60,9 ± 8,7 [95% ДИ: 58,2–63,5]	
Менопауза	нет	0	0,0
	да	45	100,0
ECOG	0	2	4,4
	1	34	75,6
	2	9	20,0
СД 2-го типа	нет	41	91,1
	да	4	8,9
Наличие таргетируемых очагов	нет	0	0,0
	да	45	100,0
МТС в ЦНС	нет	42	93,3
	да	3	6,7
Количество линий гормонотерапии	одна	12	26,7
	две	26	57,8
	три	7	15,6
Химиотерапия ранее	нет	33	73,3
	да	12	26,7
Всего линий ранее	1	10	22,2
	2	21	46,7
	3	11	24,4
	4	3	6,7
iCDK 4/6 ранее	нет	0	0,0
	да	45	100,0
Фулвестрант ранее	нет	0	0,0
	да	45	100,0

На рис. 1 представлена БПВ пациенток, рассчитанная с помощью кривой Каплана–Мейера.

Анализ, проведенный с помощью метода Каплана–Мейера, показал, что медиана срока наступления прогрессирования составила $5,0 \pm 0,75$ мес от начала терапии (95 %; ДИ: 3,56–6,44).

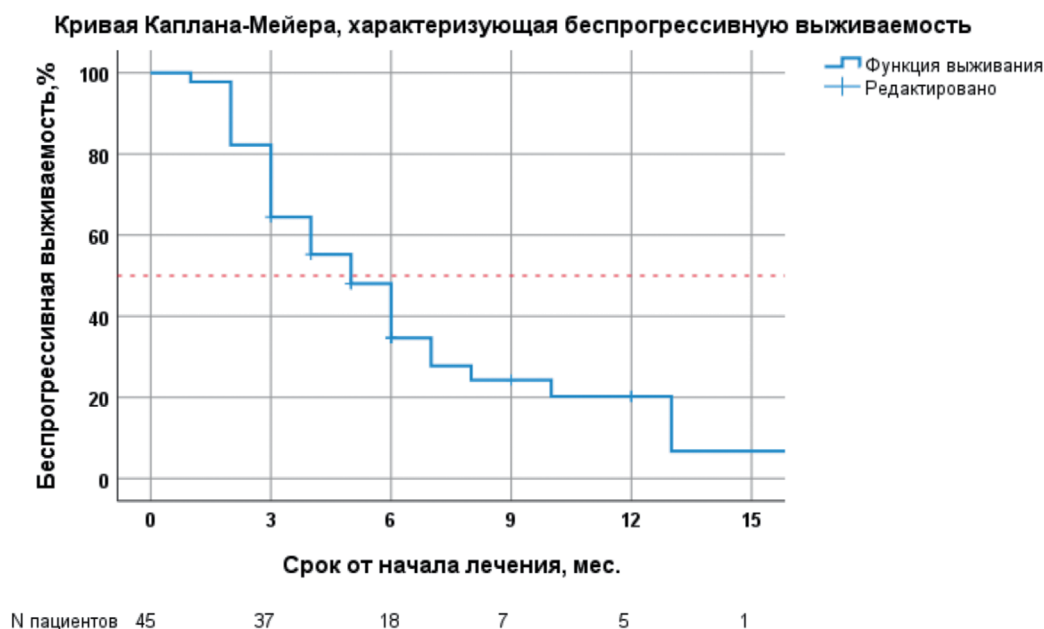
Обсуждение. Наличие мутации в гене *PIK-3CA* является предиктивно-прогностическим биомаркером при лечении HR+/HER-мРМЖ. Результаты рандомизированных клинических исследований показали, что комбинация фулвестранта с алпелисибом позволяет улучшить БПВ пациенток после прогрессирования на фоне приема ингибиторов ароматазы или их комбинации с iCDK 4/6.

Однако пациентов, получавших ранее фулвестрант, не включали в протокол SOLAR-1, а результаты их лечения из рукава В исследования BYLieve (ранее получавших фулвестрант) пока не опубликованы. Следовательно, вопрос об эффективности применения комбинации фулвестранта с алпелисибом после прогрессирования на фоне приема фулвестранта остается актуальным.

В нашем исследовании 45 пациенток получили терапию алпелисибом в сочетании с фулвестрантом после прогрессирования на фулвестранте ранее. Большинство (46,7 %; $n = 21$) участниц получали исследуемую терапию в третьей линии, 22,2 % ($n = 10$) — во второй, 24,4 % ($n = 11$) — в четвертой и 6,7 % ($n=3$) — в пятой линии. Только одной участнице исследования алпелисиб был отменен в связи с кожной токсичностью, 21 пациентке

Таблица 2
Результаты лечения
Table 2
Treatment results

Показатель	n	%
Полный ответ	0	0
Частичный ответ	3	6,7
Стабилизация	19	42,2
Прогрессирование	23	51,1
Ответ ≥ 6 мес	18	40
Ответ ≥ 12 мес	5	11,1
Беспрогрессивная выживаемость, медиана, мес	5,0 ± 0,75 (95 %; ДИ: 3,56–6,44)	

**Рис. 1.** Беспрогрессивная выживаемость пациенток**Fig. 1.** Regression-free survival of patients

потребовалась редукция дозы 1-й степени для продолжения терапии.

Для более объективной оценки эффекта терапии мы включили в исследование только пациенток с наличием таргетируемых очагов. На фоне терапии фулвестрантом с алпелисибом частота объективного ответа в исследуемой группе составила 6,7 % ($n = 3/45$), стабилизации — 42,2 % ($n = 19/45$), а клинической пользы (ЧКП) — 48,9 % ($n = 22/45$). Медиана БПВ достигла $5,0 \pm 0,75$ мес (95%; ДИ: 3,56–6,44). Важно отметить, что у 5 (11,1%) пациенток был зафик-

сирован длительный ответ на терапию — более 12 мес.

Тем не менее значимыми ограничениями применения результатов нашей работы в клинической практике являются малая выборка пациентов и ретроспективный характер исследования.

Закключение. Результаты ретроспективного анализа данных реальной клинической практики показывают, что применение комбинации фулвестранта с алпелисибом после прогрессирования на фулвестранте может быть эффективным.

Сведения об авторах

Абдулова Нурино Хамдуловна — кандидат медицинских наук, врач-онколог, заместитель директора по амбулаторно-поликлинической работе, Санкт-Петербургский клинический научно-практический центр специализированных видов медицинской помощи (онкологический) имени Н. П. Напалкова; Россия, 197758, Санкт-Петербург, пос. Песочный, Ленинградская ул., д. 68А; e-mail: nurinisoabduloeva@gmail.com

Моисеев Владимир Михайлович — доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор, Санкт-Петербургский клинический научно-практический центр специализированных видов медицинской помощи (онкологический) имени Н. П. Напалкова; Россия, 197758, Санкт-Петербург, пос. Песочный, Ленинградская ул., д. 68А

Жабина Альбина Сергеевна — кандидат медицинских наук, заведующая отделением централизованного разведения противоопухолевых препаратов, Санкт-Петербургский клинический научно-практический центр специализированных видов медицинской помощи (онкологический) имени Н. П. Напалкова; Россия, 197758, Санкт-Петербург, пос. Песочный, Ленинградская ул., д. 68А

Скрипко Ольга Александровна — врач-онколог поликлинического отделения, Санкт-Петербургский клинический научно-практический центр специализированных видов медицинской помощи (онкологический) имени Н. П. Напалкова, 197758, Санкт-Петербург, пос. Песочный, Ленинградская ул., д. 68А

Information about the authors

Nuriniso Kh. Abduloeva – Cand. of Sci. (Med.), oncologist, Deputy Director for Outpatient and Polyclinic Work, St. Petersburg Clinical Scientific and Practical Center for Specialized Types of Medical Care (Oncological) named after N. P. Napalkov; Russia, 197758, Saint Petersburg, Pesochny, Leningradskaya Str., 68A, e-mail: nurinisoabduloeva@gmail.com

Vladimir M. Moiseenko – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director, St. Petersburg Clinical Scientific and Practical Center for Specialized Types of Medical Care (Oncological) named after N. P. Napalkov; Russia, 197758, Saint Petersburg, Pesochny, Leningradskaya St., Building 68A

Albina S. Zhabina – Cand. of Sci. (Med.), Head of the Centralized Dilution Department of Antitumor Drugs, St. Petersburg Clinical Scientific and Practical Center for Specialized Types of Medical Care (Oncological) named after N. P. Napalkov; Russia, 197758, Saint Petersburg, Pesochny, Leningradskaya St., Building 68A

Olga A. Skripko – Outpatient Oncologist, St. Petersburg Clinical Scientific and Practical Center for Specialized Types of Medical Care (Oncological) named after N. P. Napalkov; Russia, 197758, Saint Petersburg, Pesochny Settlement, Leningradskaya St., Building 68A

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция и дизайн исследования — Н. Х. Абдулова, В. М. Моисеенко; сбор и обработка данных — О. А. Скрипка, А. С. Жабина; анализ данных — Н. Х. Абдулова; подготовка рукописи — Н. Х. Абдулова, В. М. Моисеенко

Author contribution. All authors confirm their authorship compliance with the ICMJE international criteria (all authors made a significant contribution to the concept development, conduct of the study, and preparation of the article, and read and approved the final version before publication).

Special contribution: NKhA, VMM study concept and design. OAS, ASZh data collection and processing. NKhA data analysis. NKhA, VMM manuscript preparation.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. The authors declare that they have no competing interests.

Финансирование: исследование проведено без дополнительного финансирования.

Funding: the study was carried out without additional funding.

Поступила/Received: 22.05.2026

Принята к печати/Accepted: 15.09.2026

Опубликована/Published: 30.09.2026

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Sobhani N., Roviello G., Corona S. P., et al. The prognostic value of PI3K mutational status in breast cancer: A meta-analysis. *J Cell Biochem*, 2018, 119(6), 4287–4292. doi: 10.1002/jcb.26687.
2. Paplomata E., O'Regan R. The PI3K/AKT/mTOR pathway in breast cancer: targets, trials and biomarkers. *Ther Adv Med Oncol*, 2014, 6(4), 154–166. doi: 10.1177/1758834014530023.
3. André F., Ciruelos E., Rubovszky G., et al. Alpelisib for PIK3CA-Mutated, Hormone Receptor–Positive Advanced Breast Cancer. *N Engl J Med*, 2019, 380(20), 1929–1940. doi: 10.1056/NEJMoa1813904.
4. André F., Ciruelos E.M., Juric D., et al. Alpelisib plus fulvestrant for PIK3CA-mutated, hormone receptor-positive, HER2-negative advanced breast cancer: final overall survival results from SOLAR-1. *Ann Oncol*, 2021, 32(2), 208–217. doi: 10.1016/j.jannonc.2020.11.011.
5. Rugo H. S., Lerebours F., Ciruelos E., et al. Alpelisib plus fulvestrant in PIK3CA-mutated, hormone receptor-positive advanced breast cancer after a CDK4/6 inhibitor (BYLieve): a phase 2, multicentre, open-label trial. *Lancet Oncol*, 2021, 22(4), 489–498. doi: 10.1016/S1470-2045(21)00034-6.
6. Savas P., Lo L.L., Luen S.J., et al. Alpelisib Monotherapy for PI3K-Altered, Pretreated Advanced Breast Cancer: A Phase II Study. *Cancer Discov*, 2022, 12(9), 2058–2073. doi: 10.1158/2159-8290.CD-21-1696.
7. O'Shaughnessy J., Woeckel A., Pistilli B., et al. Clinical outcomes with alpelisib plus fulvestrant after prior treatment with fulvestrant in patients with advanced breast cancer: A real-world analysis. *J Clin Oncol*, 2022, 40(16 suppl), 1055. doi: 10.1200/JCO.2022.40.16_suppl.1055.
8. Zhukova L., Filonenko D., Grechukhina K., et al. Clinical outcomes with alpelisib plus fulvestrant in patients with HR+/HER2- advanced breast cancer with PIK3CA mutations in routine practice at several Russian centers. *J Clin Oncol*, 2024, 42(16 suppl), e13053. doi: 10.1200/JCO.2024.42.16_suppl.e13053.
9. Bello Roufai D., Gonçalves A., De La Motte Rouge T., et al. Alpelisib and fulvestrant in PIK3CA-mutated hormone receptor-positive HER2-negative advanced breast cancer included in the French early access program. *Oncogene*, 2023, 42(23), 1951–1956. doi: 10.1038/s41388-022-02585-3
10. Mavratzas A., Preißer M., Reinisch M., et al. Real-world efficacy and safety of alpelisib plus fulvestrant in PIK3CA-mutated hormone receptor-positive, HER2-negative advanced breast cancer: A multicenter German retrospective study. *ESMO Open*, 2022, 7(5), 100573. doi: 10.1016/j.esmoop.2022.100573.

АПРОБАЦИЯ НОВЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ В ХОДЕ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫХ УЧЕНИЙ «БЕЗОПАСНАЯ АРКТИКА–2025»

¹С. С. Алексанин*, ²Р. В. Курынин

¹Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины имени А. М. Никифорова МЧС
России, Санкт-Петербург, Россия

²Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным
ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Москва, Россия

ВВЕДЕНИЕ. Важной национальной задачей Российской Федерации является освоение Арктической зоны, что определяет актуальность проблемы организации оказания экстренной медицинской помощи пострадавшим в чрезвычайных ситуациях и тяжело больным, включая их медицинскую эвакуацию.

ЦЕЛЬ. Анализ и обобщение опыта апробации новых отечественных медицинских изделий и термозащитных средств в рамках межведомственных опытно-исследовательских учений «Безопасная Арктика–2025» в Арктической зоне России.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ. В ходе межведомственных опытно-исследовательских учений «Безопасная Арктика–2025» в период отработки авиамедицинской эвакуации пострадавших с терпящего бедствие судна была проведена апробация новых отечественных медицинских изделий (модуль медицинский авиационный, опытный образец в Арктическом исполнении; аппараты для проведения транспортной экстракорпоральной мембранной оксигенации), а также термозащитных средств для медицинского персонала (термоперчатки), пострадавшего (термоодеяло) и медицинского оборудования (термозащитные кейсы, термозащитные средства для капельницы). В вертолете Ми-8АМТША-ВА в Арктическом исполнении, оснащенный штатным модулем медицинским вертолетным, была организована работа авиамедицинской бригады и размещены указанные выше новые медицинские изделия и термозащитные средства. Экипаж вертолета и авиамедицинская бригада выполнили медицинскую эвакуацию двух тяжело пострадавших. Оценка характеристик новых медицинских изделий проводили эксперты с помощью чек-листов.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Эксперты достаточно высоко оценили качество новых отечественных медицинских изделий: модуль медицинский авиационный, опытный образец в Арктическом исполнении ($4,75 \pm 0,15$ балла); аппараты для проведения транспортной экстракорпоральной мембранной оксигенации ($4,7 \pm 0,10$ и $4,4 \pm 0,12$ балла; $p < 0,05$), а также термозащитных средств для медицинского персонала: термоперчатки ($4,8 \pm 0,10$ балла), пострадавшего (эвакуационный термомешок с электрообогревом — термоодеяло; $4,7 \pm 0,10$ балла) и медицинского оборудования (термозащитные кейсы; $4,5 \pm 0,12$ балла), термозащитные средства для инфузионных систем ($4,2 \pm 0,11$ балла). Их применение в Арктике при авиамедицинской эвакуации пострадавших обеспечило качественное оказание скорой специализированной медицинской помощи.

ОБСУЖДЕНИЕ. В ходе межведомственного опытно-исследовательского учения «Безопасная Арктика – 2025» проведена апробация новых отечественных медицинских изделий (модули медицинские вертолетные, аппараты для транспортной экстракорпоральной мембранной оксигенации) и термозащитных средств. Это позволило медицинскому персоналу качественно выполнить авиамедицинскую эвакуацию и оказать скорую специализированную медицинскую помощь, но имелись и замечания. Для улучшения эксплуатационных характеристик новых медицинских изделий и термозащитных средств в Арктической зоне для авиамедицинской эвакуации в адрес организационного комитета учений и производителей направлены предложения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Результаты апробации новых отечественных медицинских изделий и термозащитных средств в Арктической зоне указывают на их практичность, функциональность и целесообразность применения в неблагоприятных климатических условиях для авиамедицинской эвакуации пострадавших в чрезвычайных ситуациях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, Арктика, авиамедицинская бригада, медицинское изделие, медицинская эвакуация, модуль медицинский, пострадавший, термозащитные средства, чрезвычайная ситуация, учения

*Для корреспонденции: Алексанин Сергей Сергеевич, e-mail: medicine@nrcerm.ru,

*For correspondence: Sergey. S. Aleksanin, e-mail: medicine@nrcerm.ru

© Авторы, 2026. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины» Федерального медико-биологического агентства. Данная статья распространяется на условиях открытого доступа в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 («Attribution-NonCommercial-ShareAlike» / «Атрибуция – Некоммерчески – Сохранение условий» 4.0), которая разрешает неограниченное некоммерческое использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при указании автора и источника. Чтобы ознакомиться с полными условиями данной лицензии на русском языке, посетите сайт: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.ru>

Для цитирования: Алексанин С. С., Курынин Р. В. Апробация новых отечественных медицинских изделий в ходе межведомственных учений «Безопасная Арктика - 2025» // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 3. С. 49–56, <https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-49-56>; EDN: <https://elibrary.ru/EXTIQQ>

For citations: Aleksanin S.S., Kurynin R.V. Testing of new domestic medical products during interdepartmental drill “Safe Arctic-2025” // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 3. P. 49–56, <https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-49-56>; EDN: <https://elibrary.ru/EXTIQQ>

TESTING OF NEW DOMESTIC MEDICAL PRODUCTS DURING INTERDEPARTMENTAL DRILL “SAFE ARCTIC-2025”

¹*Sergey S. Aleksanin**, ²*Roman V. Kurynin*

¹The Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia, Saint Petersburg, Russia

²Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergency Situations and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Moscow, Russia

INTRODUCTION. An important national objective of the Russian Federation is the development of the Arctic zone, which determines the relevance of the problem of organizing the provision of emergency medical care to victims of emergency situations and the seriously ill, including their medical evacuation.

OBJECTIVE. Analysis and generalization of the experience of testing new domestic medical devices and thermal protective equipment within the framework of the interdepartmental experimental research drill “Safe Arctic 2025” in the Arctic zone of Russia.

MATERIALS AND METHODS. During the Safe Arctic 2025 interdepartmental research and development drill, while training aeromedical evacuation of victims from a vessel in distress, new domestic medical products (an aviation medical module, a prototype in Arctic design; devices for transporting extracorporeal membrane oxygenation) were tested, as well as thermal protective equipment for medical personnel (thermal gloves), the victim (thermal blanket), and medical equipment (thermal protective cases, thermal protective equipment for IVs). The Mi-8AMTShA-VA helicopter in Arctic design, equipped with a standard helicopter medical module, was used to organize the work of the aeromedical team and housed the above-mentioned new medical products and thermal protective equipment. The helicopter crew and the aeromedical team performed the medical evacuation of two seriously injured patients. Experts assessed the characteristics of the new medical products using checklists.

RESULTS. Experts rated the quality of new domestic medical products quite highly: a medical aviation module, a prototype in the Arctic version (4.75 ± 0.15 points); devices for transport extracorporeal membrane oxygenation (4.7 ± 0.10 and 4.4 ± 0.12 points; $p < 0.05$), as well as thermal protective equipment for medical personnel: thermal gloves (4.8 ± 0.10 points), the victim (evacuation thermal bag with electric heating - thermal blanket; 4.7 ± 0.10 points) and medical equipment (thermal protective cases; 4.5 ± 0.12 points), thermal protective equipment for infusion systems (4.2 ± 0.11 points). Their use in the Arctic during aeromedical evacuation of victims ensured high-quality emergency specialized medical care.

DISCUSSION. During the interdepartmental experimental research drill “Safe Arctic 2025,” new domestic medical devices (medical helicopter modules, devices for transport extracorporeal membrane oxygenation) and thermal protective equipment were tested. This allowed medical personnel to perform high-quality aeromedical evacuations and provide emergency specialized medical care, but there were also some concerns. To improve the performance of the new medical devices and thermal protective equipment in the Arctic zone for aeromedical evacuations, proposals have been submitted to the exercise organizing committee and manufacturers.

CONCLUSION. The results of testing new domestic medical products and thermal protective equipment in the Arctic zone indicate their practicality, functionality, and suitability for use in adverse climatic conditions for the aeromedical evacuation of victims in emergency situations.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, Arctic, aeromedical team, medical device, medical evacuation, medical module, casualty, thermal protective equipment, emergency, training

Введение. 29–31 января 2025 г. были проведены межведомственные опытно-исследовательские учения сил и средств единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) «Безопасная

Арктика – 2025» (далее – Учения)¹. В работе приведено детальное описание учения с акцентом на анализ экстренного реагирования медицинских сил и средств при оказании помощи пострадавшим [1].

29 января 2025 г. в рамках Учений в Архангельске при отработке вводной «Авария на судне при прохождении по Северному морскому пути» в ходе авиамедицинской эвакуа-

¹Информация о межведомственных учениях сил и средств «Безопасная Арктика-2025» [Электронный ресурс]. URL: <http://safearctic.sibpsa.ru> [20.03.2025].

ции пострадавших с терпящего бедствие иностранного судна была проведена апробация новых отечественных медицинских изделий^{2, 3}. Были представлены опытный образец модуля медицинского авиационного в арктическом исполнении, аппараты для транспортной экстракорпоральной мембранной оксигенации, портативные (ЭКМО), а также термозащитные средства для медицинского персонала (термоперчатки) и оборудования (термозащитные кейсы, термозащита для капельницы)⁴.

Основные участники апробации: авиамедицинская бригада, руководство ФГБУ ВЦЭРМ им. А. М. Никитина МЧС России, руководители медико-спасательных подразделений Федерального центра медицины катастроф Минздрава России, Федерального медико-биологического агентства России, начальники отделов Управления медико-психологического обеспечения МЧС России и ГУ МЧС России по Архангельской области.

Цель. Анализ и обобщение опыта апробации новых отечественных медицинских изделий и термозащитных средств в рамках межведомственных опытно-исследовательских учений «Безопасная Арктика – 2025» в Арктической зоне России.

Материалы и методы. В ходе межведомственных опытно-исследовательских учений «Безопасная Арктика – 2025» в период отработки авиамедицинской эвакуации пострадавших с терпящего бедствие судна была проведена апробация новых отечественных медицинских изделий (опытный образец модуля медицинского авиационного в арктическом исполнении, аппараты для проведения транспортной экстракорпоральной мембранной оксигенации), а также термозащитных средств для медицинского персонала (термоперчатки), пострадавших (термоодеяла) и медицинского оборудования (термозащитные кейсы, термозащитные средства для капельниц).

²Модуль медицинский вертолетный, разработчик ООО «Казанский агрегатный завод», ММ-148.9520.000 (ММ-148) <https://agregatny.ru/catalog/40/202/>.

³Модуль медицинский авиационный (ММА-1) //ООО «Пневмоприбор», [Электронный ресурс]. URL: <https://pnevmopribor-oz.ru/product-category/meditsinskiy-modul-aviatsionnyy-mma-1/> (дата обращения 14.02.2026).

⁴Термозащитные средства //АНО «Институт инженерной физики», <https://iifrf.ru/goods-and-services/goods/> (дата обращения 14.02.2026).

В вертолете Ми-8АМТША-ВА (далее — Ми-8) в арктическом исполнении, оснащенном штатным модулем медицинским вертолетным (ММ-148), была организована работа авиамедицинской бригады и размещены указанные выше новые медицинские изделия и термозащитные средства. Экипаж вертолета и авиамедицинская бригада выполнили медицинскую эвакуацию двух тяжело пострадавших. Высококвалифицированные эксперты по видеозаписям и непосредственно в ходе авиамедицинской эвакуации с помощью специальных чек-листов оценивали характеристики новых медицинских изделий по 5-балльной системе (5 — высшая итоговая оценка). Проведен анализ этих показателей, а также статистических параметров их распределения и достоверности по *t*-критерию Стьюдента для разноразмерных несвязанных выборок.

Результаты. Легенда по отработке задачи детально приведена в публикации С. С. Алексанина с соавт. [1]. Ее суть сводится к следующему: 29 января 2025 г. иностранное экспедиционное судно, следовавшее по Северному морскому пути, получило повреждения, терпит аварию, обесточено и затерто дрейфующими льдами в районе архипелага Новая Земля. На борту судна находится экипаж и члены международной экспедиции. Погибших нет, есть пострадавшие (в том числе двое — тяжелые). Требуется срочная помощь.

Для ликвидации чрезвычайной ситуации (ЧС) созданы Правительственная комиссия и оперативный штаб. В зону ЧС выдвинулись силы и средства РСЧС, включая спасателей и технику МЧС России, аэромобильный госпиталь отряда «Центроспас», авиамедицинскую бригаду (врач-анестезиолог-реаниматолог, фельдшер и медбрат-анестезист) ФГБУ ВЦЭРМ им. А. М. Никитина, а также бригады скорой медицинской помощи территориального центра медицины катастроф.

Проведены авиационная разведка акватории аварии судна, десантирование спасателей на лед, рядом с судном развернут базовый ледовый лагерь, на берегу размещен аэромобильный госпиталь МЧС России.

С вертолетов Ми-8 проведено десантирование спасателей на судно. Они оказали первую помощь 16 пострадавшим с травмами и подготовили их к экстренной эвакуации. С вертолета также десантировали на судно врача и фельдшера авиамедицинской бригады для санитарно-авиационной эвакуации двух пострадавших

с тяжелыми травмами. Судами на воздушной подушке и вертолетом экипаж судна, включая пострадавших, эвакуирован в ледовый лагерь. Затем здоровые лица направлены в пункт временного размещения, а пострадавшие — в аэромобильный госпиталь и Архангельскую областную клиническую больницу.

В период отработки вводной по спасению экипажа судна выполнена опытно-исследовательская задача (ОИЗ) — натурные испытания в условиях низких температур Арктики при медицинской эвакуации пострадавших в ЧС нового опытного образца модуля медицинского авиационного с отечественным оборудованием и термозащитными средствами.

Вертолет был оснащен штатным медицинским вертолетным модулем ММ-148 и новым опытным образцом модуля медицинского авиационного (ОО-ММА на базе ММА-1). Комплектация включала отечественное медицинское оборудование, портативные аппараты для экстракорпоральной мембранной оксигенации (ЭКМО) и термозащитные средства для медицинского персонала (термоперчатки), для пострадавших (эвакуационный термомешок с электрообогревом – термоодеяло), а для медицинского оборудования (термозащитные кейсы, термозащита для капельниц).

Пострадавших с тяжелыми травмами поочередно подняли на борт вертолета в специальной корзине и разместили на медицинских модулях. Авиамедицинская бригада под руководством А. И. Павлова провела реанимационные мероприятия с положительным эффектом пострадавшему № 1 (закрытая травма грудной клетки, ушиб легких тяжелой степени, травматическая ампутация кисти, шок, состояние клинической смерти), подключив его к аппарату Lucas-2. Пострадавший был интубирован и переведен на ИВЛ. Пострадавшему № 2 (перелом бедра, закрытая черепно-мозговая травма, травма груди, перелом ребер, состояние клинической смерти) была оказана скорая специализированная медицинская помощь: анестезиологическое пособие, остановка кровотечения, иммобилизация конечностей, подсоединение к аппарату Lucas-2, интубация и подключение к ИВЛ. Пострадавшие были подключены к аппаратам ЭКМО по мето-

дике WAW (вено-артерио-венозный метод — замещение работы сердца и легких)⁵ и размещены на штатном и опытном образце модуля медицинского. Проведена авиамедицинская эвакуация этих тяжело пострадавших в региональное медицинское учреждение.

Организационно-методическое обеспечение апробации новых медицинских изделий и термозащитных средств проведено высококвалифицированными экспертами — врачами-специалистами высшей квалификационной категории, имеющими опыт организации и (или) проведения авиамедицинских эвакуационных мероприятий, с помощью специально подготовленных чек-листов (оценочных карт). В табл. 1 приведены результаты сравнения технических характеристик двух модулей.

При сравнении технических характеристик модулей медицинских авиационных, которые использовали в ходе учений, мнение экспертов было согласовано (применены независимые экспертные оценки). По 12 сравниваемым характеристикам (1–3, 5–7, 8–11, 14, 15, согласно табл. 1) преимущество было у опытного образца модуля медицинского авиационного. Однако по двум техническим характеристикам (12, 13, согласно табл. 1) отмечено преимущество штатного модуля медицинского вертолетного. Мнение экспертов по технической характеристике № 4 («питание модуля от бортовой сети постоянного тока») не согласовано.

Сравнительные результаты экспертной оценки технических характеристик модуля медицинского вертолетного ММ-148 и опытного образца модуля медицинского авиационного ОО-ММА, полученные в ходе авиамедицинской эвакуации пострадавших при чрезвычайной ситуации на межведомственных учениях «Безопасная Арктика–2025», показали преимущества опытного образца модуля и необходимость его дальнейших летных испытаний и получения регистрационного удостоверения на новое медицинское изделие.

В табл. 2 приведены результаты сравнения технических характеристик отечественных портативных транспортных аппаратов ЭКМО, полученные на основе экспертных оценок в ходе учений.

⁵Медицинская эвакуация пострадавших в чрезвычайных ситуациях и тяжелобольных с проведением экстракорпоральной мембранной оксигенации: принципы, технологии, организационно-методическое обеспечение // Шелухин Д. А., Алексанин С. С., Гончаров С. Ф., Рыбников В. Ю., Баранова Н. Н., Гуменюк С. А., Нестеренко Н. В., Павлов А. И. Методические рекомендации. СПб.: ООО «ИПЦ «Измайловский»; 2023. 150 с. ISBN 978-5-00182-081-9.

Таблица 1

Сравнение технических характеристик модулей медицинских вертолетных (штатного с импортным медицинским оборудованием и опытного образца с отечественным медицинским оборудованием)

Table 1

Comparison of technical characteristics of medical helicopter modules (standard with the imported medical equipment and prototype with the national medical equipment)

Техническая характеристика	Модуль медицинский вертолетный ММ-148.9520.000, (ММ-148)	Опытный образец модуля медицинского авиационного на базе ММА-1 (ОО-ММА)
1. Габаритные размеры, мм	1940 x 24 x 1436	1880 x 630 x 1335
2. Масса без мед.оборудования, кг	Не более 80	Не более 55
3. Масса в комплекте с медицинским оборудованием, кг	Не более 115	Не более 80
4. Питание модуля от бортовой сети постоянного тока: - напряжение, Вт - мощность, потребляемая изделиями медицинской техники, Вт - суммарная мощность, потребляемая модулем, Вт	27 Не более 650 Не более 1000	27 Не более 650 Не более 800
5. Наличие электроразъемов для подключения оборудования: - постоянного тока 12 В (прикуриватель) - постоянного тока 27 В - переменного тока 220 В	Нет Да Нет	Да Да Да
6. Наличие возможности подключения пневмооборудования с различными стандартами присоединения: - Camozzi - DIN	Нет Да	Да Да
7. Способ крепления на борту вертолета	На стандартные места крепления	На стандартные места крепления
8. Наличие термозащитных средств для медицинского оборудования	Нет	Да
9. Возможность использования медоборудования и станины (носилки) вне воздушного судна (при необходимости)	Нет	Да
10. Возможность замены кислородного баллона без перемещения пациента	Нет	Да
11. Комплект медицинского оборудования: - импортного производства - российского производства	Да Нет	Да (частично) Да (частично)
12. Наличие регистрационного удостоверения Росздравнадзора	Имеется	Предусматривается
13. Наличие разрешения на применения модуля на борту воздушного судна	Имеется	Имеется (в автономном режиме)
14. Ориентировочная стоимость, тыс. руб. (по ценам 2024 г. с комплектом медоборудования)	30 000	18 000
15. Итоговая оценка экспертов, баллы	4,45 ± 0,12	4,75 ± 0,15*

*Примечание: $p < 0,05$

*Note: $p < 0.05$

Таблица 2

**Результаты оценки технических характеристик отечественных транспортных аппаратов
ЭКМО в ходе учений «Безопасная Арктика–2025»**

Table 2

**The results of the evaluation of the technical characteristics of the national ECMO transport
vehicles during the Exercise «Safe Arctic-2025»**

Техническая характеристика	EX-STREAM ⁶	Life Stream ECMO ⁷
Масса, кг	3,2	9
Подготовка аппарата к работе и заполнение контура, мин	< 10	> 10
3. Повышенная ударопрочность и влагозащита	++	+
4. Время работы от аккумулятора при полной нагрузке, час	> 5	< 5
5. Объем головки, мл	60 (32)	60 (32)
6. Принцип работы головки	Ротор	Ротор
7. Скорость вращения головки, обор./мин	До 6 000	До 6 000
8. Скорость потока, л/мин	До 8	До 8
9. Сроки возможной работы контура	6 ч / 14 сут	30 сут
10. Расширенный мониторинг	++	+
12. Тип аппарата	Моноблок	Моноблок, с неудобным креплением оксигенатора, и выходом датчиков давления
13. Отображение параметров работы на ЖК-экране и на планшете по беспроводной связи	Отображение обеспечено, «защищенный блютуз»	Отображение обеспечено на экране аппарата. Долгая загрузка программного обеспечения, не интуитивное меню
14. Крепление аппарата к стойке/столику	Предусмотрено	Отсутствует
15. Дополнительный резервный привод	Ааккумуляторный	Отсутствует
16. Разработчик	ООО «БИОСОФТ-М», ООО «ТрансБиоТек»	АО НПО «СПЛАВ» им. А. Н. Ганичева
17. Итоговая оценка экспертов, баллы	4,7 ± 0,10	4,4 ± 0,12 *

Примечание. * – $p < 0,05$

Note. * – $p < 0,05$

Обсуждение. В ходе межведомственного опытно-исследовательского учения «Безопасная Арктика – 2025» были апробированы новые отечественные медицинские изделия (модули медицинские вертолетные, аппараты для транспортной экстракорпоральной мембранной оксигенации) и средства термозащитны. Результаты экспертной оценки применения в ходе учений межведомственных отечественных аппаратов ЭКМО показали их высокие технические характеристики. Оба портативных аппарата в транспортном исполнении имеют регистрационные удостоверения и обеспечивают расширенный мониторинг (два датчика дав-

ления, расчет дельты p , контроль температуры, сатурации, потока, датчик пузырьков, скорости вращения головки, расчет индекса перфузии). Они работоспособны в условиях низких температур при использовании средств термозащиты. Однако аппарат ЭКМО «EX-STREAM» имеет меньшую массу, более удобную конфигурацию (моноблок), обеспечивает отображение параметров работы на ЖК-экране и планшете по беспроводной связи (защищенный Bluetooth), более эргономичен и приспособлен для практического применения в полевых условиях.

Результаты экспертной оценки применения термозащитных средств в ходе межведомствен-

ных учений показали их высокие эксплуатационные характеристики: удобство использования медицинским персоналом (термоперчатки; $4,8 \pm 0,10$ балла), для термозащиты пострадавшего (термоодеяло; $4,7 \pm 0,10$ балла), медицинского оборудования (термокейсы; $4,5 \pm 0,12$ балла) и инфузионных систем ($4,2 \pm 0,11$ балла) при авиамедицинской (вертолетной) эвакуации пострадавших в чрезвычайных ситуациях в Арктической зоне. Их применение обеспечило качественное оказание скорой специализированной медицинской помощи.

По результатам испытаний оформлены акты, в которых даны рекомендации производителям по совершенствованию медицинского оборудования, проведению в установленном порядке его летных испытаний и регистрации ОО-ММА как нового медицинского изделия. Также в актах даны рекомендации медицинским учреждениям и аварийно-спасательным формированиям МЧС России, имеющим выездные медицинские бригады, выполняющие авиамедицинскую эвакуацию пострадавших в чрезвычайных ситуациях в Арктической зоне Российской Федерации, включить в табель оснащения новые отечественные медицинские изделия (после получения регистрационного удостоверения на ОО-ММА) и термозащитные средства.

По мнению экспертов, система повышения квалификации специалистов авиамедицинских бригад, осуществляющих медицинскую эвакуацию пострадавших с помощью новых отечественных медицинских изделий, требует включения дополнительной теоретической подготовки и отработки практических навыков в объеме не менее 36 академических часов.

Заключение. Результаты апробации новых отечественных медицинских изделий и термозащитных средств в ходе межведомственных учений «Безопасная Арктика – 2025» убедительно показали, что качество медицинской эвакуации пострадавших в чрезвычайной ситуации в Арктике авиамедицинской бригадой было достаточно высоким за счет применения модулей медицинских авиационных, оснащенных аппаратами транспортной ЭКМО и термозащитными средствами для медицинского персонала (термоперчатки), пострадавших (термоодеяла), медицинского оборудования (термонессесер) и инфузионных систем. При этом, по данным экспертов, лучшие технические характеристики при использовании в Арктической зоне России отмечены у опытного образца модуля авиационного в арктическом исполнении и транспортного аппарата ЭКМО «EX-STREAM».

Сведения об авторах:

Александр Сергей Сергеевич – доктор медицинских наук профессор, член-корреспондент Российской академии наук, директор, Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А. М. Никифорова МЧС России; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 4/2, ORCID: 0000-0001-6998-1669; SPIN: 1256-5967; e-mail: medicine@nrcerm.ru

Курынин Роман Викторович – заместитель Министра МЧС России; Россия, 121357, Москва, ул. Ватутина, д. 1; ORCID: 0009-0009-4447-6899; e-mail: prkurynina@mchs.gov.ru

Information about the authors

Sergei S. Aleksanin – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 4/2; ORCID: 0000-0001-6998-1669; SPIN: 1256-5967; e-mail: medicine@nrcerm.ru

Roman V. Kurynin – Deputy Minister of the EMERCOM of Russia; Russia, 121357, Moscow, Vatutina Str., 1; ORCID: 0009-0009-4447-6899; e-mail: prkurynina@mchs.gov.ru

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция и дизайн исследования – С. С. Александрин; сбор первичных материалов и математический анализ данных – Р. В. Курынин; подготовка рукописи – С. С. Александрин, Р. В. Курынин

The contribution of the authors. All authors confirm their authorship according to the international criteria of the ICMJE (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and results of the article, read and approved the final version before publication).

Special contribution: SSA study concept and design. RVK collection of primary materials and mathematical analysis of data. SSA, RVK manuscript preparation.

Соответствие принципам этики. Одобрение этического комитета не требовалось. Каждый респондент (эксперт) дал добровольное согласие на обработку своих персональных данных в ходе проводимого исследования.

Compliance with the principles of ethics. The approval of the ethics committee was not required. Each respondent (expert) gave voluntary consent to the processing of their personal data during the study.

Потенциальный конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Potential conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

Поступила/Received: 03.04.2026

Принята к печати/Accepted: 15.09.2026

Опубликована/Published: 30.09.2026

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Алексанин С. С., Курынин Р. В., Рыбников В. Ю., Горбань В. И., Гудзь Ю. В., Бахтин М. Ю. Экстренное реагирование медицинских сил в ходе межведомственных учений «Безопасная Арктика-2025» // *Медицина катастроф*. 2025. № 3. С. 28–33. [Aleksanin S. S., Kurynin R. V., Rybnikov V. Yu., Gorban V. I., Gudz Yu. V., Bakhtin M. Yu. Emergency Response of Medical Forces and Means During the Interdepartmental Exercises “Safe Arctic–2025”. *Disaster Medicine*, 2025, No. 3, pp. 28–33 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33266/2070-1004-2025-3-28-33>.
2. Медицина чрезвычайных ситуаций / под ред. С. Ф. Гончарова, А. Я. Фисуна. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2021. Т. 1. 608 с. [Emergency Medicine / edited by S. F. Goncharov, A. Ya. Fisun. Moscow: GEOTAR-Media; 2021, Vol. 1, 608 p.]. doi: 10.33029/9704-6232-4-MCNS-2021-1-608.
3. Архангельский Д. А., Закревский Ю. Н., Рыбников В. Ю. Медицинская эвакуация больных (пострадавших) в Арктической зоне нештатными формированиями службы медицины катастроф Северного Флота России // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2018. № 4. С. 27–33 [Arkhangel'skiy D. A., Zakrevskiy Yu. N., Rybnikov V. Yu. Medical evacuation of patients (injured) in the Arctic zone by nonstaff units of the Disaster Medicine Service of the Northern Fleet of Russia. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*, 2018, No. 4, pp. 27–33]. doi: 10.25016/2541-7487-2018-0-4-27-33.

СТАТУС АКТИВАЦИИ КОНЦЕНТРАТА ТРОМБОЦИТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЖИМА ХРАНЕНИЯ

¹Г. В. Гришина*, ¹Д. В. Ласточкина, ¹А. Д. Касьянов, ¹И. С. Голованова, ^{1,2}С. С. Бессмелъцев

¹Российский научно-исследовательский институт гематологии и трансфузиологии
Федерального медико-биологического агентства, Санкт-Петербург, Россия

²Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова,
Санкт-Петербург, Россия

ВВЕДЕНИЕ. Многофункциональность тромбоцитов обуславливает необходимость комплексного подхода к их исследованию в процессе хранения. Известно, что при хранении происходит снижение количества тромбоцитов. Их подсчет в концентрате тромбоцитов (КТ) не отражает гемостатический потенциал, в то время как определение агрегационной способности тромбоцитов с индукторами агрегации или исследование тромбоэластограммы может служить маркером сохранности и прокоагулянтной активности. Все изменения, ухудшающие функциональную и метаболическую активность тромбоцитов, обычно нарастают по мере хранения при комнатной температуре, значительно снижая их жизнеспособность. Возникает необходимость поиска новых подходов к хранению и обеспечению безопасности КТ для их клинического использования. Определение концентрации тромбоцитарных микрочастиц (ТМЧ) является информативным и перспективным методом исследования КТ.

ЦЕЛЬ. Оценить качество и безопасность КТ в зависимости от температурного режима хранения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В исследование включено 20 КТ. Образцы хранили при комнатной (22 ± 2 °C) температуре в условиях постоянного помешивания (1-я группа) и в медицинском холодильнике при 4 ± 2 °C (2-я группа) в спутниках для отбора проб аппаратов цитафереза MCS⁺ и Trima Accel. Уровень ТМЧ в периферической крови и КТ определяли методом проточной цитометрии. Агрегационную активность в КТ оценивали с использованием индукторов аденозиндифосфатов (АДФ), коллагена и ристомидина. При тромбоэластографии (ТЭГ) анализировали показатели R (время образования сгустка), максимальную амплитуду (МА), показатель упругости сгустка (G).

РЕЗУЛЬТАТЫ. Изучение статуса активации КТ в зависимости от особенностей режима хранения выявили значимые различия влияния температуры как на степень активации (по количеству микрочастиц), так и на метаболический статус, агрегационную способность и прокоагулянтную активность КТ, заготовленных на SSP⁺.

ОБСУЖДЕНИЕ. Качество КТ определяется способностью выполнять гемостатическую функцию за счет увеличения количества тромбоцитов, циркулирующих в периферической крови непосредственно после трансфузии и сохранения их прокоагулянтной активности. Критериями оценки качества КТ, которые не входят в рутинную практику и определяются с помощью проточной цитофлуориметрии, могут быть маркеры активации. Рост концентрации микрочастиц во время хранения свидетельствует о процессе активации и последующем разрушении тромбоцитов с выбросом содержимого из внутренних гранул, что ухудшает характеристики КТ, применяемого для трансфузии. Несмотря на эти процессы, в исследовании показатели качества и безопасности КТ соответствовали требованиям нормативных документов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Результаты исследования вносят вклад в понимание биологических изменений в КТ при хранении в различных температурных условиях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина; трансфузия; концентрат тромбоцитов; режим хранения; микрочастицы

*Для корреспонденции: Гришина Галина Викторовна, e-mail: reger201309@mail.ru

*For correspondence: Galina V. Grishina, e-mail: reger201309@mail.ru

Для цитирования: Гришина Г. В., Ласточкина Д. В., Касьянов А. Д., Голованова И. С., Бессмелъцев С. С. Статус активации концентрата тромбоцитов в зависимости от режима хранения // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 3. С. 57–65, <https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-57-65>; EDN: <https://elibrary.ru/LRZEAY>

For citation: Grishina G. V., Lastochkina D. V., Kasyanov A. D., Golovanova I. S., Bessmeltsev S. S. Activation status of platelet concentrate based on storage mode // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 3. P. 57–65, <https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-57-65>; EDN: <https://elibrary.ru/LRZEAY>

ACTIVATION STATUS OF PLATELET CONCENTRATE BASED ON STORAGE MODE

¹Galina V. Grishina *, ¹Daria V. Lastochkina, ¹Andrey D. Kasyanov, ¹Irina S. Golovanova,
^{1,2}Stanislav S. Bessmeltsev

¹Russian Research Institute of Hematology and Transfusiology, Federal Medical and Biological Agency, Saint Petersburg, Russia

²North-West State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia

INTRODUCTION. The multifunctionality of platelets determines a comprehensive approach to their study during storage. Platelet counts are known to decrease during storage. Platelet counts in platelet concentrate (PC) do not reflect hemostatic potential, while determining platelet aggregation ability with aggregation inducers or examining thromboelastogram can serve as a marker of platelet integrity and procoagulant activity. All changes that impair platelet functional and metabolic activity typically increase during storage at room temperature, significantly reducing their viability. There is a need for new approaches to storing and ensuring the safety of PC for clinical use. Determining the concentration of platelet microparticles (PMPs) is an informative and promising method for PC examination.

OBJECTIVE. Assess PC quality and safety based on the storage temperature.

MATERIALS AND METHODS. The study included 20 PCs. Samples were stored at room temperature ($22 \pm 2^\circ\text{C}$) with constant stirring (Group 1) and in a medical refrigerator at $4 \pm 2^\circ\text{C}$ (Group 2) in the sampling satellites of the MCS+ and Trima Accel cytopheresis devices. The level of PMPs in peripheral blood and PC was determined by flow cytometry. Aggregation activity in PC was assessed using adenosine diphosphate (ADP), collagen, and ristomycin inducers. Thromboelastography (TEG) analyzed R (clot formation time), maximum amplitude (MA), and clot elasticity (G).

RESULTS. A study of PC activation status depending on the characteristics of the storage mode revealed significant differences in the temperature effect on both the degree of activation (by the number of microparticles) and the metabolic status, aggregation capacity and procoagulant PC activity prepared on SSP⁺.

DISCUSSION. PC quality is determined by its ability to perform a hemostatic function by increasing the number of platelets circulating in the peripheral blood immediately after transfusion and maintaining their procoagulant activity. Activation markers can be used as criteria for assessing PC quality, which are not included in routine practice and are determined using flow cytometry. An increase in the concentration of microparticles during storage indicates the activation process and subsequent destruction of platelets with the release of contents from internal granules, which degrades the PC performance used for transfusion. Despite these processes, PC quality and safety indicators in the study met regulatory requirements.

CONCLUSION. The study results contribute to understanding biological changes in PC during storage under different temperature conditions.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, transfusion, platelet concentrate, storage conditions, microparticles

Введение. Своевременное переливание тромбоцитов во многом определяет результат оказания медицинской помощи как в виде важной составляющей комплексного лечения больных в гематологии, онкологии, хирургии, акушерстве и гинекологии, так и в виде неотложной трансфузионной терапии при возникновении чрезвычайных обстоятельств, военных конфликтов, а также в urgentных ситуациях в отдаленных районах. В настоящее время изучаются альтернативные способы хранения тромбоцитов, такие как криоконсервирование или холодовое хранение при температуре 4°C , с целью преодоления проблем, связанных с коротким сроком хранения концентрата тромбоцитов (КТ). Исследования *in vitro* показали, что тромбоциты, хранящиеся при комнатной температуре, функционально и метаболически превосходят тромбоциты, хранящиеся при температуре 4°C [1, 2]. С другой стороны,

ряд исследований доказывает, что тромбоциты, хранившиеся при 4°C , образуют более крепкий сгусток и сокращают время кровотечения как у пациентов с тромбоцитопенией, так и у волонтеров, принимавших ацетилсалициловую кислоту [3]. Низкая температура также вызывает активацию тромбоцитов, сопровождающуюся высвобождением содержимого тромбоцитарных гранул под воздействием фосфатидилсерина [4]. Для улучшения качества тромбоцитов при хранении и поддержания их функциональной активности предлагаются различные методы. Они включают изменение скорости перемешивания, ее прерывистую остановку и использование специального добавочного раствора в качестве среды хранения при комнатной температуре. Низкая температура оказывает значительное влияние на клеточный метаболизм тромбоцитов. Холодовые тромбоциты, хранящиеся в добавочном раство-

ре, потребляют значительно меньше глюкозы по сравнению с хранившимися в плазме. Вероятно, это связано с заменой глюкозы на ацетат в качестве источника энергии при одновременном снижении выработки лактата [5]. Кроме того, уменьшение количества плазмы в единице КТ снижает риск аллергических реакций при переливании, а использование добавочного раствора SSP⁺ обеспечивает дополнительный уровень безопасности для реципиентов. Тромбоциты, хранящиеся на холоде, обладают лучшей гемостатической функцией и являются востребованным компонентом для пациентов с активными кровотечениями [6]. К достоинствам холодного режима также относятся увеличенный срок хранения, отсутствие необходимости постоянного перемешивания, снижение риска бактериальной контаминации и простота логистики [3]. Вместе с тем тромбоциты, хранящиеся при температуре 4 °С, имеют свои особенности. Как известно, тромбоциты, хранившиеся при температуре 2–6 °С после переливания выводятся из кровотока очень быстро. Однако по таким показателям, как число тромбоцитов, клеточная морфология, состояние мембраны, цитоплазматическая структура, скорость агрегации и гемостатическая функция, тромбоциты, хранящиеся при 4 °С от 10 до 14 дней, превосходили тромбоциты, хранившиеся при 22 °С в течение 5 дней [6, 7].

В проведенном в Норвегии одноцентровом двухэтапном пилотном исследовании (начато в апреле 2015 г., закончено в августе 2018 г.) оценивали, являются ли 7-дневные (1-й этап) и 8–14-дневные (2-й этап) КТ в добавочном растворе, хранившихся в рефрижераторе, в сравнении с 7-дневными тромбоцитами, хранившимися при комнатной температуре в добавочном растворе, одинаково эффективными при лечении послеоперационных кровотечений у пациентов, перенесших сложные кардиоторакальные операции. Основной целью исследования являлась оценка агрегационной функции тромбоцитов и показателей свертывания крови. Результаты не выявили риска побочных эффектов при переливании тромбоцитов в добавочном растворе PAS III (InterSol) и PAS IIIM (T-PAS), хранившихся в рефрижераторе до 14 дней. При этом отмечалось улучшение агрегации и уменьшение послеоперационных кровотечений у пациентов по сравнению с пациентами, получавшими тромбоциты, хранившиеся при

комнатной температуре [8]. Для остановки кровотечения у новорожденных с тромбоцитопенией также рекомендуется использовать хранящиеся в рефрижераторе тромбоциты из-за их более выраженной гемостатической функции и, что очень важно, замедленного образования модификаторов биологического ответа, в отличие от хранившихся при комнатной температуре тромбоцитов [9].

Цель. Оценить качество и безопасность концентрата тромбоцитов в зависимости от температурного режима хранения.

Материалы и методы. Материалом для исследования являлись КТ ($n = 20$). Тромбоциты у доноров, подписавших информированное согласие на проведение процедуры, заготавливали на базе отделения переливания крови методом автоматического афереза с использованием цитаферезных аппаратов. Комплектование и обследование доноров проводили в соответствии с требованиями нормативных документов. После завершения процедуры афереза из контейнера с КТ отбирали пробу объемом 2–5 мл для лабораторного исследования. Образцы КТ хранили при комнатной (22 ± 2 °С) температуре в условиях постоянного помешивания (1-я группа) и в условиях пониженной (4 ± 2 °С) температуры в медицинском холодильнике (2-я группа) в спутниках для отбора проб аппаратов цитафереза MCS⁺ и Trima Accel. Лабораторные параметры в КТ оценивали в день заготовки компонента и на 5-е сутки хранения; среди них: количество микрочастиц тромбоцитов (ТМЧ), оценка агрегационной активности с АДФ, коллагеном и ристомидином. Для определения коагуляционной активности КТ применяли тромбоэластографический анализ, включающий три основных параметра: максимальная амплитуда, мм (МА) — показатель конечной плотности сгустка, время реакции, мин (R) — индикатор латентного периода свертывания и прочность сгустка, градусы/сек (G). Лабораторные тесты выполняли с использованием медицинских изделий (оборудование, реактивы, расходные материалы), зарегистрированных в установленном порядке. Для определения количества тромбоцитов использовали автоматический гематологический анализатор SMART 5 (URIT Medical Electronic CO, Ltd, Китай). Содержание тромбоцитарных микрочастиц определяли методом проточной цитометрии с использованием цитофлуориметрии.

тра CytoFLEX (Beckman Coulter, США) путем бокового рассеяния излучения фиолетового лазера. Микрочастицы идентифицировали с применением моноклональных антител Anti-Hu CD41 – APC (Clone MEM-06) к поверхностным маркерам тромбоцитов. Анализ полученных образцов проводил в течение 30 мин после окрашивания. Согласно используемому стандартному локальному протоколу, для каждого образца набиралось 10^6 событий. Агрегационные свойства тромбоцитов исследовали по методу Борна на 4-канальном анализаторе агрегации тромбоцитов АТ-2 (НПФ «МедТех», Россия). Анализ тромбоэластограммы проводили на тромбоэластографе TEG® 5000 (Haemoscope Corporation, США), позволяющем определять физические свойства сгустка (время и скорость его образования, рост и прочность) [10].

Количественные данные представлены в виде медианы (Me), первого и третьего квартилей (Q1 – Q3). Для оценки значимости различий между группами использовали U-критерий Манна–Уитни. Корреляционный анализ проводили с помощью метода Спирмена. Различия считали статистически значимыми при вероятности ошибки не более 0,05 ($p < 0,05$).

Результаты. Сравнивали влияние температурных режимов хранения на функциональные свойства тромбоцитов в день заготовки и в конце срока хранения (5-й день). Динамика содержания тромбоцитов и их среднего объема представлена в табл. 1. Необходимо отметить значимое снижение количества тромбоцитов во время хранения в обеих группах (1-я группа: $p = 0,028$; 2-я группа: $p = 0,071$), при этом межгрупповые различия характерны толь-

ко на 5-й день хранения ($p = 0,003$). Увеличение среднего объема тромбоцитов отмечено во 2-й группе ($p = 0,072$). Межгрупповые отличия отсутствовали. Средний объем тромбоцитов между группами существенно не отличался и находился в пределах референтных значений (средний объем тромбоцитов в норме варьирует от 7,4 до 10,54 фл). Вместе с тем необходимо отметить значимое нарастание этого показателя к 5-м суткам хранения в медицинском холодильнике при температуре $4 \pm 2^\circ\text{C}$.

Проведена оценка влияния разных температурных режимов на число ТМЧ (рис. 1).

При хранении как в условиях комнатной температуры, так и при пониженной температуре к концу срока годности наблюдали значимое снижение содержания тромбоцитов. При этом при хранении КТ в стандартных условиях получено существенное нарастание ТМЧ. При холодном режиме также наблюдали тенденцию к увеличению содержания микрочастиц. В то же время величина прироста ТМЧ между группами значимо не различалась.

Количество микрочастиц значимо возрастало в обеих группах (1-я группа: $p = 0,021$; 2-я группа: $p = 0,024$). Межгрупповые различия к концу срока хранения были статистически значимыми. Прирост ТМЧ при стандартном режиме хранения составил 569,9 %, при холодном режиме — 251,8 %.

В анализируемых группах при изучении метаболической активности было установлено, что тромбоциты сохраняли свою метаболическую функцию на протяжении 5 суток хранения. Изменения pH и параметры метаболизма тромбоцитов представлены в табл. 2.

Таблица 1

Концентрация тромбоцитов и среднего объема (MPV) в зависимости от температурного режима хранения

Table 1

Platelet concentration, mean platelet volume (MPV) depending on storage temperature

Параметр	Me (Q ₁ – Q ₃) (n = 10)		p
	22 ± 2 °C (1-я группа)	4 ± 2 °C (2-я группа)	
Тромбоциты (10 ⁹ /л), 1-й день	1431 (1354–1542)	1434 (1311–1575)	0,880
Тромбоциты (10 ⁹ /л), 5-й день	1370 (1229–1451)	898 (775–1032)	0,003
p	0,028	0,071	
MPV (фл), 1-й день	8,20 (8,02–8,5)	8,15 (8,00–8,5)	0,818
MPV (фл), 5-й день	8,60 (8,2–8,6)	9,00 (8,22–9,45)	0,940
p	0,202	0,072	

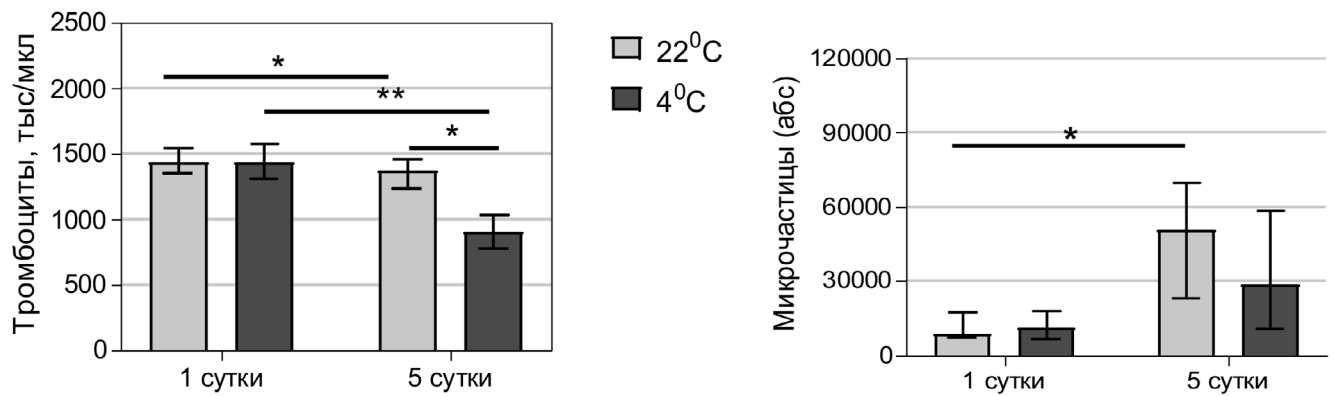


Рис. 1. Содержание тромбоцитов и микрочастиц в КТ при разной температуре хранения
Fig. 1. Platelet and microparticle content in CT scans at different storage temperatures

Таблица 2

Изменение pH и показателей метаболизма тромбоцитов в зависимости от режима хранения
Table 2

Показатели метаболизма	Me (Q ₁ – Q ₃) (n = 10)		p
	22 ± 2 °C (1-я группа)	4 ± 2 °C (2-я группа)	
pH, 1-й день	7,028 (6,99–7,036)	7,020 (6,98–7,031)	0,623
pH, 5-й день	6,968 (6,82–7,06)	7,036 (6,99–7,10)	0,104
p	0,203	0,386	
Глюкоза (ммоль/л), 1-й день	17,6 (8,7–19,4)	17,3 (8,6–19,1)	0,571
Глюкоза (ммоль/л), 5-й день	12,3 (5,87–15,7)	16,6 (7,62–18,4)	0,049
p	0,005	0,004	
Лактат (ммоль/л), 1-й день	1,4 (0,87–2,4)	1,4 (0,8–2,4)	0,849
Лактат (ммоль/л), 5-й день	10,9 (7,6–13,3)	4,8 (4,07–5,3)	0,003
p	0,004	0,005	

Изменения pH внутри обследованных групп были незначимыми. При температуре хранения 4 ± 2 °C уровень pH оставался в пределах нормативно установленных значений. Межгрупповые различия в анализируемых группах отсутствовали. Концентрация глюкозы значительно уменьшалась в обеих группах (1-я группа: $p = 0,005$; 2-я группа: $p = 0,004$). Межгрупповые различия выявлены в конце срока наблюдения, причем более высокое содержание глюкозы установлено во 2-й группе ($p = 0,049$). Содержание лактата ожидаемо увеличивалось при двух режимах хранения (1-я группа: $p = 0,004$; 2-я группа: $p = 0,005$). Установлены значимо высокие показатели лактата при регламентированной температуре хранения в конце срока наблюдения ($p = 0,003$).

Для исследования сохранности функциональной активности тромбоцитов были выбра-

ны индукторы АДФ, коллаген и ристомин. Агрегационную активность КТ определяли по максимальной амплитуде агрегации (МА, %). Результаты сравнения параметров агрегационной активности и тромбоэластометрии представлены в табл. 3.

Снижение агрегационной способности тромбоцитов в ответ на стимуляцию АДФ выявлено в обеих группах (1-я группа: $p = 0,045$; 2-я группа: $p = 0,041$). В конце срока наблюдения более низкий уровень агрегации тромбоцитов установлен при регламентированном режиме хранения ($p = 0,034$). Очевидно, что при хранении в стандартных условиях тромбоциты утрачивают способность к внутриклеточной передаче сигнала активации в большей степени, чем при хранении в условиях гипотермии. В то же время различия в исходном и конеч-

Таблица 3

Параметры агрегационной активности концентрата тромбоцитов в зависимости от режима хранения

Table 3

Parameters of aggregation activity of platelet concentrate depending on the storage mode

Параметры агрегатограммы. Индуктор агрегации	Me (Q1 – Q3) (n = 10)		p
	22 ± 2 °C	4 ± 2 °C	
АДФ, МА (%), 1-й день	28,5 (18,4–52,8)	32,4 (12,4–50,4)	0,917
АДФ, МА (%), 5-й день	1,3 (0,8–4,1)	5,2 (4,1–10,5)	0,034
p	0,045	0,041	
Коллаген, МА (%), 1-й день	61,8 (37,7–64,4)	56,8 (35,3–73,3)	0,917
Коллаген, МА (%), 5-й день	1,8 (1,1–9,1)	26,2 (8,2–46,4)	0,028
p	0,022	0,034	
Ристомидин, МА (%), 1-й день	73,1 (39,2–80,7)	75,9 (39,8–81,8)	0,842
Ристомидин, МА (%), 5-й день	57,4 (13,3–74,9)	54,1 (46,4–74,1)	0,912
p	0,043	0,500	

ном уровнях агрегационной активности КТ при использовании разных температурных режимов могут быть связаны с изменением уровней метаболической активности. Аналогичное изменение величины изучаемых параметров наблюдалось при агрегации с коллагеном. Известно, что агрегация, индуцированная коллагеном, характеризуется адгезией тромбоцитов к коллагеновым волокнам при помощи рецепторов GPIa/IIa/GPVI [11]. После адгезии происходит активация тромбоцитов, и из тромбоцитарных гранул хранения секретируются АДФ и другие эндогенные индукторы, что, в свою очередь, вызывает агрегацию тромбоцитов. Исходные значения МА-агрегации с коллагеном между группами не отличались ($p = 0,917$). При хранении в течение 5 сут в обеих группах агрегационная активность при использовании коллагена значительно снижалась, причем более выражено — в 1-й группе, что привело к значимым межгрупповым различиям ($p = 0,028$) к концу срока наблюдения. При использовании в качестве индуктора ристомидина было зафиксировано статистически значимое снижение агрегационной активности к концу срока хранения в 1-й группе ($p = 0,043$). При холодном режиме хранения значимого уменьшения агрегации с ристомидином не выявлено, что предполагает сохранность клеточной оболочки тромбоцитов ($p = 0,50$). Межгрупповые отличия отсутствовали как в начале, так и в конце эксперимента.

Таким образом, показано, что в процессе хранения агрегационные свойства тромбоцитов снижаются. Использование гипотермического режима хранения более выражено способствует сохранению агрегационных свойств тромбоцитов по сравнению с регламентированным способом хранения.

Для оценки прокоагулянтной активности КТ был применен метод тромбоэластографии: проанализированы параметры максимальной амплитуды (МА, мм), время образования сгустка (R, мин) и сила упругости сгустка (G, дин/сек) (табл. 4).

Важно отметить значительное снижение прокоагулянтной активности при стандартном режиме хранения, что выразилось в значимых изменениях всех исследованных параметров. Во 2-й группе наблюдалась лишь тенденция к снижению определяемых показателей. Межгрупповые различия на сроках наблюдения отсутствовали, за исключением удлинения параметра R к концу срока хранения в регламентированных условиях.

Обсуждение. Учитывая новые данные, полученные при исследовании гемостатической функции тромбоцитов при холодном хранении, возобновился интерес к использованию хранящихся в холоде тромбоцитов для пациентов с активным кровотечением [6]. Проведенные исследования *in vitro* показали усиление гемостатической функции хранимых в холодильнике тромбоцитов, демонстрируя, что температура

Таблица 4

Динамика показателей тромбоэластографии концентрата тромбоцитов в зависимости от режима хранения

Table 4

Dynamics of thromboelastography parameters of platelet concentrate depending on storage conditions

Показатели тромбоэластограммы ТЭГ® 5000	Me (Q1 – Q3) (n=10)		p
	22 ± 2 °C	4 ± 2 °C	
R (мин), 1-й день	7,9 (6,4–8,1)	7,2 (5,7–7,8)	0,245
R (мин), 5-й день	9,8 (8,6–12,0)	6,5 (3,7–7,1)	0,009
p	0,041	0,588	
G (дин/сек), 1-й день	22,0 (18,1–25,5)	20,2 (17,2–25,8)	0,834
G (дин/сек), 5-й день	14,9 (11,9–19,0)	20,0 (16,5–22,8)	0,075
p	0,042	0,068	
МА (мм), 1 день	80,00 (77,4–83,6)	74,80 (70,4–79,2)	0,834
МА (мм), 5 день	70,44 (77,4–85,0)	72,10 (76,7–82,0)	0,075
p	0,048	0,080	

хранения тромбоцитов изменяет их гемостатическую эффективность [12]. В США тромбоциты, хранящиеся в рефрижераторе, показали достаточную эффективность при лечении активного кровотечения у пациентов. В клинике Мейо используют такие КТ с 2015 г. после получения разрешения как от Американской ассоциации банков крови (AABB), так и от FDA [13, 14].

Данные проведенного нами исследования по изучению статуса активации концентратов тромбоцитов в зависимости от особенностей режима хранения выявили значимые различия во влиянии температуры как на степень активации (по количеству микрочастиц), так и на метаболический статус, агрегационную способность и прокоагулянтную активность КТ. Показано, что в процессе хранения агрегационные свойства тромбоцитов снижаются. Применение гипотермического режима хранения более выраженно способствует сохранению агрегационных свойств тромбоцитов по сравнению с регламентированным способом хранения. Изучение статуса активации КТ

в зависимости от особенностей режима хранения выявило значимые различия влияния температуры на степень активации по количеству микрочастиц в процессе хранения КТ.

Заключение. Проведенный анализ влияния режимов хранения позволяет определить оптимальные стратегии получения КТ с учетом содержания тромбоцитарных микрочастиц. Результаты исследования, полученные с помощью современных лабораторных методов оценки качества и безопасности компонентов донорской крови, вносят вклад в понимание биологических изменений в концентратах тромбоцитов при хранении в различных температурных условиях и могут быть использованы для оптимизации протоколов в производственной и клинической практике. Полученные данные указывают на необходимость дальнейшего изучения влияния гипотермии на свойства тромбоцитов и могут быть использованы для совершенствования протоколов заготовки, хранения и назначения трансфузий в клинической практике.

Сведения об авторах:

Гришина Галина Викторовна — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник НИЛ гемотрансфузионных технологий, Российский НИИ гематологии и трансфузиологии ФМБА России; Россия, 191024, Санкт-Петербург, ул. 2-я Советская, д. 16; SPIN:4269-7329; ORCID: 0000-0003-4842-2504; e-mail: reger201309@mail.ru

Ласточкина Дарья Вячеславовна — кандидат медицинских наук, научный сотрудник НИЛ гемотрансфузионных технологий, Российский НИИ гематологии и трансфузиологии ФМБА России; Россия, 191024, Санкт-Петербург, ул. 2-я Советская, д. 16; SPIN: 2034-6955; ORCID: 0000-0002-2727-1092; e-mail: bloodscience@mail.ru

Касьянов Андрей Дмитриевич — кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник НИЛ гемотрансфузионных технологий, Российский НИИ гематологии и трансфузиологии ФМБА России; Россия, 191024, Санкт-Петербург, ул. 2-я Советская, д. 16; SPIN:4955-8154; ORCID: 0000-0002-3597-664X; e-mail: bloodscience@mail.ru

Голованова Ирина Станиславовна — научный сотрудник НИЛ гемотрансфузионных технологий, Российский НИИ гематологии и трансфузиологии ФМБА России; Россия, 191024, Санкт-Петербург, ул. 2-я Советская, д. 16; SPIN:9691-0557; ORCID: 0000-0002-1677-1956; e-mail: bloodscience@mail.ru

Бессмельцев Станислав Семенович — доктор медицинских наук, профессор, руководитель научных исследований, Российский НИИ гематологии и трансфузиологии ФМБА России; Россия, 191024, Санкт-Петербург, ул. 2-я Советская, д. 16; SPIN:4955-1364; ORCID: 0000-0002-6013-2422; e-mail: bessmeltsev@niigt.ru

Author information:

Galina V. Grishina — Cand. of Sci. (Biol.), leading Researcher at the Research Laboratory of Blood Transfusion Technologies, Russian Research Institute of Hematology and Transfusiology of the Federal Medical and Biological Agency of the Russian Federation; Russia, 191024, Saint Petersburg, 2nd Sovetskaya Str., 16; ORCID: 0000-0003-4842-2504; e-mail: reger201309@mail.ru

Daria V. Lastochkina — Can. of Sci. (Med.), Researcher, Research Laboratory of Blood Transfusion Technologies, Russian Research Institute of Hematology and Transfusiology of the Federal Medical and Biological Agency of the Russian Federation; Russia, 191024, Saint Petersburg, 2nd Sovetskaya Str., 16; ORCID: 0000-0002-2727-1092; e-mail: bloodscience@mail.ru

Andrey D. Kasyanov — Can. of Sci. (Med.), leading Researcher, Research Laboratory of Blood Transfusion Technologies, Russian Research Institute of Hematology and Transfusiology of the Federal Medical and Biological Agency of the Russian Federation; Russia, 191024, Saint Petersburg, 2nd Sovetskaya Str., 16; ORCID: 0000-0002-3597-664X; e-mail: bloodscience@mail.ru

Irina S. Golovanova — Researcher, Research Laboratory of Blood Transfusion Technologies, Russian Research Institute of Hematology and Transfusiology of the Federal Medical and Biological Agency of Russian Federation; Russia, 191024, Saint Petersburg, 2nd Sovetskaya Str., 16; ORCID: 0000-0002-1677-1956; e-mail: bloodscience@mail.ru

Stanislav S. Bessmeltsev — Dr. of Sci. (Med.), Professor, Honored Worker of the Russian Federation, Head of Scientific Research, Russian Research Institute of Hematology and Transfusiology, Federal Medical and Biological Agency of the Russian Federation, 191024, Saint Petersburg, 2nd Sovetskaya Str., 16; ORCID: 0000-0002-6013-2422; e-mail: bessmeltsev@yandex.ru

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция и дизайн — Г. В. Гришина, Д. В. Ласточкина, А. Д. Касьянов; статистическая обработка материала — Д. В. Ласточкина, И. С. Голованова; подготовка рукописи — Г. В. Гришина, И. С. Голованова, Д. В. Ласточкина, С. С. Бессмельцев.

Author contribution. All authors according to the ICMJE criteria participated in the development of the concept of the article, obtaining and analyzing factual data, writing and editing the text of the article, checking and approving the text of the article.

Special contribution: GVG, DVL concept and design; GVG, DVL statistical processing of the material; GVG, DVL, ISG, ADK, SSB — preparation of the manuscript.

Соблюдение этических стандартов: исследование одобрено этическим комитетом ФГБУ РосНИИГТ ФМБА России (протокол № 35 от 17 июня 2025 года).

Compliance with ethical standards: the study was approved by the ethics committee of the Russian Research Institute of Hematology and Transfusiology of the Federal Medico-Biological Agency of Russia.

Потенциальный конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest associated with the publication of this article.

Финансирование: Работа выполнена в рамках НИР по гос. заданию № 124031500048-8

Funding: The work was carried out within the framework of research and development work under State assignment No. 124031500048-8.

Поступила/Received: 03.05.2026

Принята к печати/Accepted: 15.09.2026

Опубликована/Published: 30.09.2026

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Reddoch-Cardenas K. M., Bynum J. A., Meledeo M. A., Reddoch-Cardenas K. M., Bynum J. A., Meledeo M. A., et al. Cold-stored platelets: A product with function optimized for hemorrhage control. *Transfus Apher Sci*, 2019, 58(1), pp. 16–22. doi: 10.1016/j.transci.2018.12.012.
2. Гришина Г. В., Касьянов А. Д., Бессмельцев С. С. Условия хранения концентрата тромбоцитов в учреждениях службы крови. *Вестник гематологии*, 2025, 21(3), pp. 27–33. [Grishina G. V., Kas'yanov A. D., Bessmel'tsev S. S. Storage conditions for platelet concentrate in blood service facilities. *Bulletin of Hematology*, 2025, 21(3), pp. 27–33 (In Russ)].
3. Braathen H., Sivertsen J., Lunde T. H. F., Kristoffersen E. K., Assmus J., Hervig T. A., et al. In vitro quality and platelet function of cold and delayed cold storage of apheresis platelet concentrates in platelet additive solution for 21 days. *Transfusion*, 2019, 59(8), pp. 2652–2661. doi: 10.1111/trf.15356.

4. Reddoch K. M., Pidcoke H. F., Montgomery R. K., Fedyk C. G., Aden J. K., Ramasubramanian A. K., et al. Hemostatic function of apheresis platelets stored at 4 °C and 22 °C. *Shock*, 2014, 41 Suppl 1(01), pp. 54–61. doi: 10.1097/SHK.0000000000000082.
5. Getz T. M., Montgomery R. K., Bynum J. A., Aden J. K., Pidcoke H. F., Cap A. P. Storage of platelets at 4°C in platelet additive solutions prevents aggregate formation and preserves platelet functional responses. *Transfusion*, 2016, 56(6), pp. 1320–1328. doi: 10.1111/trf.13511.
6. Shea S. M., Thomas K. A., Spinella P. C. The effect of platelet storage temperature on haemostatic, immune, and endothelial function: potential for personalised medicine. *Blood Transfus*, 2019, 17(4), pp. 321–330. doi: 10.2450/2019.0095-19.
7. Mathur A., Swamy N., Thapa S., Chakraborty S., Jagannathan L. Adding to platelet safety and life: Platelet additive solutions. *Asian J. Transfus. Sci*, 2018, 12(2), pp. 136–140. doi: 10.4103/ajts.AJTS_150_17.
8. Waubert de Puiseau M., Sciesielski L. K., Meyer O., Liu Z. J., Badur C. A., Schönfeld H., et al. Pooling, room temperature, and extended storage time increase the release of adult-specific biologic response modifiers in platelet concentrates: a hidden transfusion risk for neonates? *Transfusion*, 2020, 60(8), pp. 1828–1836. doi: 10.1111/trf.15827.
9. Strandenes G., Sivertsen J., Bjerkvig C. K., Fosse T. K., Cap A. P., Del Junco D. J., et al. A pilot trial of platelets stored cold versus at room temperature for complex cardiothoracic surgery. *Anesthesiology*, 2020, 133(6), pp. 1173–1183. doi: 10.1097/ALN.0000000000003550.
10. Стоменская И. С., Косторова О. Ю., Стручко Г. Ю., Тимофеева Н. Ю. Тромбоэластометрия — метод лабораторной диагностики нарушений системы гемостаза // *Медицинский альманах*. 2017. № 2(47). pp. 96–98 [Stomenskaya I. S., Kostorova O. Yu., Struchko G. Yu., Timofeeva N. Yu. Thromboelastometry is a method of laboratory diagnostics of disorders of the hemostasis system. *Medical almanac*, 2017, № 2(47), pp. 96–98].
11. Гришина Г. В., Касьянов А. Д., Ласточкина Д. В., Кробинец И. И., Голованова И. С., Матвиенко О. Ю. Микрочастицы как критерии качества концентрата тромбоцитов. *Медицина экстремальных ситуаций*. 2024. 26(4). pp. 132–140 [Grishina G. V., Kas'yanov A. D., Lastochkina D. V., Krobinec I. I., Golovanova I. S., Matvienko O. Yu. Microparticles as quality criteria for platelet concentrate. *Emergency medicine*, 2024, 26(4), pp. 132–140]. <https://doi.org/10.47183/mes.2024-26-4-132-140> (In Russ).
12. Cancelas J. A. Future of platelet formulations with improved clotting profile: a short review on human safety and efficacy data. *Transfusion*, 2019, 59(S2), pp. 1467–1473. doi: 10.1111/trf.15163.
13. Johnson L., Tan S., Jenkins E., Wood B., Marks D. . Characterization of biologic response modifiers in the supernatant of conventional, refrigerated, and cryopreserved platelets. *Transfusion*, 2018, 58(4), pp. 927–937. doi: 10.1111/trf.14475.
14. Warner M. A., Kurian E. B., Hammel S. A., van Buskirk C. M., Kor D. J., Stubbs J. R. Transition from room temperature to cold-stored platelets for the preservation of blood inventories during the COVID-19 pandemic. *Transfusion*, 2021, 61(1), pp. 72–77. doi: 10.1111/trf.16148.

СОСТОЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ У ВОЕННОСЛУЖАЩИХ, УЧАСТВОВАВШИХ В БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЯХ: СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

^{1,2}В. В. Масляков*, ¹С. А. Сидельников, ³О. Н. Павлова, ²А. Е. Бурекешев, ¹А. В. Страшко,

¹Ю. В. Карагайчева

¹Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского, г. Саратов, Россия

²Саратовский медицинский университет «Реавиз», г. Саратов, Россия

³Самарский государственный медицинский университет, г. Самара, Россия

ВВЕДЕНИЕ. В настоящее время клинически и экспериментально доказано, что при воздействии стресса происходят изменения перекисного окисления липидов (ПОЛ). Данные изменения могут оказывать негативное воздействие на организм, приводя к развитию различной патологии. Механизм этих нарушений заключается в повреждении системы ПОЛ, которое приводит к нейровоспалению и изменениям психического поведения, что важно учитывать у военнослужащих, участвовавших в боевых действиях.

ЦЕЛЬ. Изучить изменения некоторых показателей ПОЛ у военнослужащих после участия в боевых действиях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В исследовании приняли участие 100 человек, подписавших согласие на участие в обследовании. Всех обследуемых разделили на пять групп. В первые четыре группы вошли участники военных операций в зависимости от времени, которое прошло после участия в боевых действиях (основная группа); 5-я группа (сравнения) ($n = 20$) образована из военнослужащих, не принимавших участие в боевых действиях. Среднее время участия в боевых действиях составило от 6 до 8 мес. В процессе исследования осуществлялось определение веществ, характеризующих показатели ПОЛ.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Проведенное исследование показывает, что у военнослужащих, участвовавших в боевых действиях, происходят нарушения ПОЛ, что может быть связано с воздействием боевого стресса. Данные изменения проявляются дисбалансом между процессом ПОЛ и антиоксидантной защитой. Согласно полученным лабораторным данным, можно утверждать, что у военнослужащих развивается оксидативный стресс. При этом отклонения в системе ПОЛ зависят от времени, прошедшего с момента получения боевого стресса. Наибольшие изменения были зарегистрированы в группе, где время от момента получения боевого стресса не превышало 6 мес. В дальнейшем при отсутствии лечения происходило постепенное восстановление всех исследуемых показателей. астичное восстановление отмечали в группе военнослужащих, у которых время от момента получения боевого стресса составило 21–27 мес. В данной группе результаты приближались к показателям, полученным в группе сравнения, однако они были сниженными. Несомненно, изменения ПОЛ приводило к накоплению токсических веществ и негативному воздействию на организм военнослужащих.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. По итогам проведенного исследования установлено, что у военнослужащих стресс, полученный в результате участия в боевых действиях, оказывает влияние на ПОЛ. Данные изменения выражены неоднородно и зависят от времени, прошедшего от полученного стресса. Наиболее выражены изменения в первые 6 мес, затем, без проведения коррекции, происходит постепенное частичное восстановление процессов, однако их полного восстановления не отмечено.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, перекисное окисление липидов, боевой стресс, военнослужащие

*Для корреспонденции: Масляков Владимир Владимирович, e-mail: maslyakov@inbox.ru

*For correspondence: Vladimir V. Maslyakov, e-mail: maslyakov@inbox.ru

Для цитирования: Масляков В. В., Сидельников С. А., Павлова О. Н., Бурекешев А. Е., Страшко А. В., Карагайчева Ю. В. Состояние некоторых показателей перекисного окисления липидов у военнослужащих, участвовавших в боевых действиях: сравнительное исследование // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 3. С. 65–74, <https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-65-74>; EDN: <https://elibrary.ru/YBCCIS>

© Авторы, 2026. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины» Федерального медико-биологического агентства. Данная статья распространяется на условиях открытого доступа в соответствии с лицензией CCBY-NC-SA 4.0 («Attribution-NonCommercial-ShareAlike» / «Атрибуция-Некоммерчески-Сохранение Условий» 4.0), которая разрешает неограниченное некоммерческое использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при указании автора и источника. Чтобы ознакомиться с полными условиями данной лицензии на русском языке, посетите сайт: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.ru>

For citation: Maslyakov V. V., Sidelnikov S. A., Pavlova O. N., Burekeshev A. E., Strashko A. V., Karagaycheva Yu. V. State of some lipid peroxidation indices in military personnel participated in combat operations: comparative study // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 3. P. 65–74, <https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-65-74>; EDN: <https://elibrary.ru/YBCCIS>

STATE OF SOME LIPID PEROXIDATION INDICES IN MILITARY PERSONNEL PARTICIPATED IN COMBAT OPERATIONS: COMPARATIVE STUDY

^{1,2}Vladimir V. Maslyakov*, ¹Sergey A. Sidelnikov¹, ³Olga N. Pavlova, ²Alim Y. Burekeshev, ¹Anna V. Strashko, ¹Yulia V. Karagaycheva

¹V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russia

²Reaviz Saratov Medical University, Saratov, Russia

³Samara State Medical University, Samara, Russia

INTRODUCTION. It has now been clinically and experimentally proven that stress causes changes in lipid peroxidation (LPO). These changes can have a negative impact on the body, leading to the development of various pathologies. The mechanism of these disorders involves damage to the LPO system, which leads to neuroinflammation and changes in mental behavior, which is important to consider in military personnel who have participated in combat operations.

OBJECTIVE. To study changes in some LPO indices in military personnel after participation in combat operations.

MATERIALS AND METHODS. The study involved 100 individuals who signed a consent form. All subjects were divided into five groups. The first four groups included participants in military operations based on the time elapsed since their participation in combat (the main group); the fifth group (comparison group) (n = 20) consisted of service members who had not participated in combat. The average time of participation in combat ranged from 6 to 8 months. During the study, substances characterizing LPO indices were determined.

RESULTS. The study shows that military personnel who participated in combat operations experience disturbances in lipid peroxidation (LPO), which may be associated with the effects of combat stress. These changes manifest themselves as an imbalance between the LPO process and antioxidant defense. According to the laboratory data obtained, it can be stated that military personnel develop oxidative stress. Moreover, deviations in the LPO system depend on the time elapsed since the combat stress. The greatest changes were recorded in the group where the time elapsed since the combat stress did not exceed 6 months. Subsequently, in the absence of treatment, a gradual recovery of all studied parameters occurred. Partial recovery was noted in the group of military personnel for whom the time elapsed since the combat stress was 21–27 months. In this group, the results were close to the indicators obtained in the comparison group, but they were reduced. Undoubtedly, changes in LPO led to the accumulation of toxic substances and a negative impact on the body of military personnel.

CONCLUSION. The study found that combat-related stress affects LPO in military personnel. These changes are expressed inconsistently and depend on the time elapsed since the stress. The changes are most pronounced in the first six months; then, without correction, a gradual partial recovery occurs, but complete recovery has not been observed.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, lipid peroxidation, combat stress, military personnel

Введение. Одним из основных изменений клеточного метаболизма является активация перекисного окисления липидов (ПОЛ). В нормальных условиях количество продуктов ПОЛ в тканях держится на определенном уровне, так как они необходимы для нормального функционирования организма, поскольку способствуют уничтожению разрушенных компонентов дыхательной цепи в митохондриях, активируют процессы пролиферации и дифференциации клеток, транспорта ионов, участвуют в регуляции проницаемости клеточных мембран, разрушении поврежденных хромосом и т. д. ПОЛ в клетке осуществляется за счет активных форм кислорода. Постоянный уровень продуктов ПОЛ поддерживается с помощью антиоксидантной системы клетки [1]. В настоящее время

клинически и экспериментально доказано, что при воздействии стресса происходят изменения в системе ПОЛ [1, 2]. Эти изменения могут оказывать негативное воздействие на организм, приводя к развитию различных патологий [3]. В этом плане воздействие боевого стресса не является исключением и также приводит к изменениям в показателях ПОЛ [3]. Это становится особенно актуальным в настоящее время, когда значительное число военнослужащих принимает участие в боевых действиях. Военная служба по своим характеристикам выходит за пределы быденного и рассматривается как разновидность деятельности в особых условиях [4]. Не вызывает сомнения тот факт, что участие в боевых действиях усиливает стрессовое воздействие на организм, что приводит к более

выраженным изменениям данных показателей и развитию патологий. Механизм этих нарушений заключается в том, что в системе ПОЛ они приводят к нейровоспалению и отклонениям в психическом поведении [5]. Вместе с тем остается множество нерешенных вопросов, касающихся комплексного изменения показателей ПОЛ и антиоксидантной защиты организма военнослужащих, их изменений, возникающих в зависимости от времени, прошедшего после участия в боевых действиях.

Цель. Изучить изменения некоторых показателей перекисного окисления липидов у военнослужащих после участия в боевых действиях.

Материалы и методы. Проведено наблюдательное сравнительное (поперечное) исследование, в котором приняли участие 100 человек, давших согласие на участие в нем. Всех обследуемых разделили на пять групп. В первые четыре группы вошли участники военных операций (основная группа) в зависимости от времени, которое прошло после участия в боевых действиях. В пятую группу (сравнения) вошли военнослужащие, не принимавшие участия в боевых действиях. Разделение по группам осуществляли следующим образом: 1-я группа ($n = 20$) — до 6 мес от момента участия в боевых действиях; 2-я группа ($n = 20$) — 7–13 мес от момента участия в боевых действиях; 3-я группа ($n = 20$) — 14–20 мес от момента участия в боевых действиях; 4-я группа ($n = 20$) — 21–27 мес от момента участия в боевых действиях. В группу сравнения вошли 20 человек. Для исследования были отобраны мужчины в возрасте 30–35 лет, не имеющие ранений, контузий, хронических и/или острых заболеваний, что подтверждено документально. Среднее время участия в боевых действиях составило от 6 до 8 мес. Основные характеристики обследованных представлены в табл. 1.

При формировании групп учитывали наличие вредных привычек (курение), физических нагрузок, характер питания, режим сна, особенности службы. По всем представленным показателям обследованные были сопоставимы, т. е. все были курильщиками, имели примерно одинаковые физическую нагрузку, условия питания, режим сна и условия службы.

Критериями исключения служили отказ от участия в исследовании, наличие острых или хронических соматических заболеваний, различия в физической подготовке и в условиях службы.

В процессе исследования определяли вещества, характеризующие показатели ПОЛ. Забор крови осуществлялся в амбулаторных условиях, в утренние часы, натощак. Полученные образцы после взятия материала доставляли в лабораторию для выполнения исследования не позднее, чем через 30 мин. Изучение субстратов ПОЛ методом изолированных двойных связей (Дв. св.), а также диеновых конъюгатов (ДК), кето-диенов и сопряженных триенов (КД и СТ) проводили с использованием спектрометра СФ-56 (ООО «ОКБ Спектр», Санкт-Петербург, Россия) [6]. В рамках работы оценивали коэффициент степени окисленности липидов (СОЛ). Данный параметр рассчитывали по методике, предложенной М. В. Биленко [7]. В дальнейшем СОЛ использовали для оценки скорости процесса липопероксидации на разных этапах реакций ПОЛ для оценки скорости окислительных процессов. В случае, если регистрировалось замедление образования ПОЛ, что оценивали как увеличение недоокисленных продуктов, коэффициент СОЛ повышался. Количество малонового диальдегида (МДА) рассчитывали по методике, которую разработали и внедрили В. Б. Гаврилов и соавт. [8]. МДА определяли с использованием спектро-

Таблица 1

Основные характеристики обследованных

Table 1

Main characteristics of the subjects examined

Исследуемый показатель	Результаты в группах					p
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	
Рост, см	170 ± 3	169 ± 4	171 ± 3	172 ± 2	170 ± 2	> 0,05
Вес, кг	67 ± 3	65 ± 3	65 ± 3	64 ± 2	64 ± 3	> 0,05
Индекс массы тела	23,2 ± 0,8	23,4 ± 0,7	23,5 ± 0,6	23,4 ± 0,7	23,4 ± 0,6	> 0,05

флуорофотометра Shimadzu RF=1501 (Япония). Данным аппаратом исследовали активность супероксиддисмутазы (СОД) [9]. Для оценки общей антиокислительной активности (АОА) крови применяли спектрофотометр СФ-56 (Россия) [10]. Помимо этого, проводили оценку α -токоферола и ретинола флуорометрическим методом на спектрофлуорофотометре Shimadzu RF-1501 (Япония) [11]. Данный аппарат применяли для изучения количества восстановленного (GSH) и окисленного (GSSG) глутатиона [12].

Статистическую обработку данных осуществляли с использованием MS Excel. Для проверки гипотез о нормальности непрерывных переменных применяли критерии Колмого-

рова–Смирнова и Шапиро–Уилка. Поскольку распределения выборок изученных параметров не соответствовали нормальному, то для сравнения групп применяли непараметрический критерий Манна–Уитни. Данные в таблицах и тексте представлены в виде медианы и 25–75 %. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$. Для установления корреляционных связей был использован непараметрический критерий Спирмена (r). Полученные результаты трактовали с использованием данного критерия с учетом силы связи: $r > 0,01–0,29$ — слабая положительная связь, $r > 0,30–0,69$ — умеренная положительная связь, $r > 0,70–1,00$ — сильная положительная связь.

Таблица 2

Результаты исследования перекисного окисления липидов у военнослужащих

Table 2

The results of the study of lipid peroxidation in military personnel

Результат	Полученные результаты в группах				
	группа сравнения (n = 20)	1-я (n = 20)	2-я (n = 20)	3-я (n = 20)	4-я (n = 20)
Дв. св., у.е.	1,48 [1,45; 1,52]	5,75* [5,52; 5,92]	4,45* [4,32; 4,51]	3,13* [3,08; 3,22]	2,23* [2,18; 2,34]
ДК, мкмоль/л	1,3 [1,1; 1,6]	4,5* [4,2; 4,8]	4,2* [3,6; 4,5]	2,1* [1,7; 2,6]	1,7* [1,3; 1,9]
КД и СТ, у.е.	0,45 [0,41; 0,48]	0,89* [0,85; 0,94]	0,83* [0,78; 0,87]	0,74* [0,72; 0,78]	0,56* [0,52; 0,59]
СОЛ, ед. оптической плотности	0,27 [0,24; 0,31]	0,45* [0,40; 0,49]	0,37* [0,34; 0,39]	0,32* [0,29; 0,35]	0,29* [0,27; 0,31]
МДА, мкмоль/л	1,12 [1,09; 1,14]	1,67* [1,62; 1,69]	1,54* [1,50; 1,57]	1,32* [1,29; 1,36]	1,18* [1,16; 1,21]
СОД, ед/мл.	163 [160; 165]	123* [119; 125]	136* [131; 139]	148* [145; 154]	156* [152; 158]
АОА, у.е.	1,34 [1,31; 1,36]	1,12* [1,10; 1,16]	1,18* [1,14; 1,21]	1,27* [1,25; 1,30]	1,29* [1,26; 1,33]
α -токоферол, мкмоль/л	6,6 [6,2; 6,8]	2,5* [2,1; 2,9]	3,7* [3,52; 4,6]	3,7* [3,52; 4,6]	5,8* [5,3; 6,4]
Ретинол, мкмоль/л	2,34 [2,28; 2,38]	1,15* [1,11; 1,18]	1,34* [1,32; 1,37]	1,79* [1,75; 1,84]	2,23* [2,18; 2,28]
GSH, мкмоль/л	2,5 [2,3; 2,7]	1,3* [1,1; 1,7]	1,8* [1,5; 2,3]	2,1* [1,7; 2,5]	2,3* [1,9; 2,5]
GSSG, мкмоль/л	1,5 [1,1; 1,8]	0,3* [0,1; 0,5]	0,6* [0,3; 0,9]	0,9* [0,6; 1,2]	1,3* [1,1; 1,7]

Примечание.* — $p < 0,05$ по сравнению с группой сравнения

Note. * — $p < 0.05$ compared to the comparison group

Результаты. Результаты исследования ПОЛ у военнослужащих отражены в табл. 2.

Анализ данных, отраженных в табл. 2, показывает, что в обследованных группах (1–4-я) происходило изменение всех параметров, характеризующих ПОЛ. При этом выраженность этих изменений зависела от сроков, прошедших с момента участия в боевых действиях. Наиболее выраженные изменения были отмечены в 1-й группе, наименее — в 4-й. Изучение интенсивности процессов ПОЛ выявило, что в 1-й группе показатель Дв. св. составил 5,75 [5,52; 5,92] у. е., что значительно превышает показатель, полученный в группе сравнения ($r = 0,87$; $p < 0,05$), в дальнейшем происходило постепенное снижение исследуемого показателя, и в 4-й группе он регистрировался на уровне 2,23 [2,18; 3,34] у. е., однако полученные данные были выше, чем в группе сравнения ($r = 0,76$; $p < 0,05$). При исследовании ДК доказано, что они являются промежуточным продуктом окисления и относятся к токсическим соединениям. Механизм действия ДК направлен на повреждение липопротеидов, белков, ферментов и нуклеиновых кислот [13]. Было установлено, что данный показатель в 1-й группе составил 4,5 [4,2; 4,8] мкмоль/л, что значительно превышает показатель, полученный в группе сравнения ($r = 0,87$; $p < 0,05$). В дальнейшем отмечалось постепенное снижение ДК во всех исследуемых группах. Наименьшее значение было отмечено в 4-й группе — 1,7 [1,3; 1,9] мкмоль/л, что значительно ниже по сравнению с показателями 1-й группы ($r = 0,75$; $p < 0,05$), но превышало показатель, полученный в группе сравнения ($r = 0,56$; $p < 0,05$). Увеличение ДК влекло за собой и увеличение КД и СТ, при этом динамика исследуемых показателей была такой же, как и у ДК: наибольшие изменения отмечались в 1-й группе — 0,89 [0,85; 0,94] у.е. ($r = 0,87$; $p < 0,05$), наименьшие — в 4-й — 0,56 [0,52; 0,58] у. е. ($r = 0,67$; $p < 0,05$). Другим немаловажным фактором, который характеризует процессы ПОЛ, является МДА. Этот показатель представляет собой конечный продукт деградации полиненасыщенных жирных кислот, образуется в результате ПОЛ, и его рассматривают в качестве маркера оксидативного стресса. Как следует из наших наблюдений, у военнослужащих, принимавших участие в боевых действиях, показатель МДА оказался повышенным во всех группах, по сравнению с данными группы сравнения. При этом, как и в остальных случаях, изменения

МДА происходили неравномерно и уменьшались в зависимости от исследуемых групп. Наибольшее увеличение показателя МДА было выявлено в 1-й группе — 1,67 [1,62; 1,69] мкмоль/л ($r = 0,87$; $p < 0,05$), затем происходило постепенное уменьшение данного показателя, и в 4-й группе оно составило 1,18 [1,16; 1,21] мкмоль/л ($r = 0,87$; $p < 0,05$), что значительно ниже, чем в 1-й группе ($r = 0,76$; $p < 0,05$), но выше, чем в группе сравнения ($r = 0,65$; $p < 0,05$). О замедлении скорости окислительных процессов и накоплении недоокисленных продуктов на каждом этапе ПОЛ свидетельствует и повышение показателя СОЛ, который так же, как и другие исследуемые показатели, максимально увеличивался в 1-й группе — 0,45 [0,40; 0,49] ед. опт. плотн. ($r = 0,87$; $p < 0,05$), затем постепенно снижался до 0,29 [0,27; 0,31] ед. опт. плотн. в 4-й группе. Однако, несмотря на снижение данного показателя в 4-й группе, он не соответствовал результатам, полученным в группе сравнения ($r = 0,77$; $p < 0,05$).

При оценке работы антиоксидантной системы организма человека было установлено, что она также страдает. Если в процессе исследования было показано, что у военнослужащих, участвовавших в боевых действиях, происходит увеличение процесса ПОЛ, то при исследовании антиоксидантной системы наблюдается обратный процесс — его снижение. Это подтверждается тем, что при исследовании СОД в 1-й группе ее уровень составил 123 [119; 125] ед/мл, что значительно ниже показателей, полученных в группе сравнения ($r = 0,85$; $p < 0,05$). В дальнейшем отмечалось постепенное увеличение СОД, которое в 4-й группе составило 156 [152; 158] ед/мл. Однако увеличение СОД в 4-й группе не соответствовало результатам, полученным в группе сравнения, и было снижено ($r = 0,67$; $p < 0,05$). Значимым показателем, характеризующим буферную емкость системы антиоксидантной защиты, является АОА, в состав которой входят различные звенья: как ферментативные, так и неферментативные. В результате проведенного исследования было установлено снижение АОА во всех группах. Как и в других случаях, снижение АОА происходило неравномерно: наибольшее снижение зарегистрировано в 1-й группе — 1,12 [1,10; 1,16] у. е. ($r = 0,87$; $p < 0,05$), а наименьшее — в 4-й группе — 1,29 [1,26; 1,33] у.е. ($r = 0,67$; $p < 0,05$). Одно из наиболее важных звеньев в неферментативной цепи АОС отво-

дится α -токоферолу. Это связано с тем, что α -токоферол выполняет антиоксидантную функцию за счет своего химического строения. В его состав входит компактная мембрана, благодаря которой происходит защита от воздействия активных форм кислорода [15]. В результате проведенного исследования было установлено, что значение α -токоферола в 1-й группе находилось на минимальном уровне по сравнению с группой сравнения — 2,5 [2,1; 2,9] мкмоль/л ($r = 0,87$; $p < 0,05$). Затем происходило постепенное увеличение данного показателя, и в 4-й группе он возрастал до 5,8 [5,3; 6,4] мкмоль/л, однако этот показатель был ниже, чем в группе сравнения ($r = 0,77$; $p < 0,05$). Другим веществом, которое так же, как и α -токоферол, обладает прооксидантными свойствами, является ретинол. Это свойство обусловлено присутствием в его молекуле длинной цепи с ненасыщенными двойными связями, из-за чего он как нестабильное соединение выступает в качестве субстрата для атаки свободными радикалами. Как и α -токоферол, содержание ретинола во всех исследуемых группах было снижено, при этом наименьшее количество данного вещества отмечено в 1-й группе — 1,15 [1,11; 1,18] мкмоль/л ($r = 0,88$; $p < 0,05$). Затем происходило постепенное увеличение ретинола в крови до 2,23 [2,18; 2,28] мкмоль/л, но, как и содержание α -токоферола, количество ретинола было снижено по сравнению с данными группы сравнения ($r = 0,81$; $p < 0,05$).

К ферментативному звену антиоксидантной защиты относится глутатион, который присутствует во всех клетках человеческого организма. Глутатион может быть в двух основных формах: восстановленной (GSH) и окисленной (GSSG). Если он находится в форме GSH, антиоксидантная способность обусловлена возможностью отдавать свободный электрон различным неустойчивым соединениям. За счет этого происходит реакция торможения кислородных радикалов. В условиях физиологической нормы между внутри- и внеклеточными ферментами происходит динамический баланс, что тормозит развитие оксидативного стресса. При нарушении этого баланса запасы восстановленного глутатиона оказываются недостаточными для обезвреживания свободных радикалов, что приводит к широкому спектру метаболических нарушений [16]. Проведенное нами исследование показало, что у военнослужащих, участвовавших в боевых действиях, происходило снижение показателей

GSH и GSSG во всех исследуемых группах относительно группы сравнения. Как и при других показателях, уменьшение данных величин происходило неравномерно, наиболее низкие отмечены в 1-й группе, затем наступало постепенное увеличение GSH и GSSG, наибольший подъем отмечен в 4-й группе. Вместе с тем они не достигали значений в группе сравнения и оставались сниженными. Так, показатель GSH в 1-й группе составил 1,3 [1,1; 1,7] мкмоль/л, что значительно ниже по сравнению с данными группы сравнения ($r = 0,87$; $p < 0,05$), а в 4-й — 2,3 [1,9; 2,5] мкмоль/л. Несмотря на увеличение относительно 1-й группы ($r = 0,86$; $p < 0,05$), он не достиг значений, полученных в группе сравнения ($r = 0,76$; $p < 0,05$). Точно такую же динамику отмечали при исследовании GSSG: в 1-й группе она составляла 0,3 [0,1; 1,5] мкмоль/л (0,89; $p < 0,05$), а в 4-й — 1,3 [1,1; 1,7] мкмоль/л (0,84; $p < 0,05$).

Обсуждение. Таким образом, проведенное исследование показывает, что у военнослужащих, участвовавших в боевых действиях, происходит нарушения ПОЛ, что может быть вызвано воздействием боевого стресса. Эти изменения проявляются дисбалансом между процессом ПОЛ и антиоксидантной защитой. Согласно полученным лабораторным данным, можно утверждать, что у военнослужащих развивается оксидативный стресс. При этом изменения в системе ПОЛ зависят от времени, прошедшего с момента участия в боевых действиях. Наибольшие изменения были зарегистрированы в группе, где время от момента участия в боевых действиях не превышало 6 мес. В дальнейшем происходило постепенное восстановление всех исследуемых показателей без лечения, частичное восстановление показателей отмечали в группе военнослужащих, у которых от момента участия в боевых действиях прошло 21–27 мес. В данной группе полученные результаты приближались к показателям группы сравнения, однако оставались сниженными. Несомненно, изменения ПОЛ приводили к накоплению токсических веществ и негативному воздействию на организм военнослужащих. При этом динамика этих изменений полностью соответствовала представленной в данном исследовании.

Заключение. В результате проведенного исследования установлено, что у военнослужащих, участвовавших в боевых действиях, происходят изменения перекисного окисления

липидов. Данные изменения выражены неоднородно и зависят от времени, прошедшего после полученного стресса. Наиболее выражены изменения в первые 6 мес, затем, без про-

ведения коррекции, происходит постепенное частичное восстановление процессов, однако полного восстановления данных процессов не отмечено.

Сведения об авторах

Масляков Владимир Владимирович – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры мобилизационной подготовки здравоохранения и медицины катастроф, Саратовский государственный медицинский университет им. В. И. Разумовского; Россия, 410012, г. Саратов, ул. Большая Казачья, д. 112; ORCID: 0000-0001-6652-9140; SPIN: 4232-3811; e-mail: maslyakov@inbox.ru

Сидельников Сергей Алексеевич – доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой мобилизационной подготовки здравоохранения и медицины катастроф, Саратовский государственный медицинский университет им. В. И. Разумовского; Россия, 410012, г. Саратов, ул. Большая Казачья, д. 112; ORCID: 0000-0002-9913-5364; SPIN: 8838-9282; e-mail: ssidelnikov@mail.ru

Павлова Ольга Николаевна – доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой физиологии, Самарский государственный университет; Россия, 443099, г. Самара, ул. Чапаевская, д. 89; ORCID: 0000-0002-8055-1958; SPIN: 6326-6884; e-mail: casiopeya13@mail.ru

Захарова Наталья Борисовна – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры биохимии и клинической лабораторной диагностики, Саратовский государственный медицинский университет им. В. И. Разумовского; Россия, 410012, г. Саратов, ул. Большая Казачья, д. 112; ORCID: 0000-0001-9410-2240; eLibrary SPIN: 5354-6327; e-mail: lipidgormon@mail.ru

Бурекашев Алим Ергенович – аспирант кафедры общественного здоровья и здравоохранения, Саратовский медицинский университет «Реавиз»; Россия, 410012, г. Саратов, ул. Верхний рынок, корп. 10; ORCID: 0009-0009-7681-176X; e-mail: alim.ergenovich@mail.ru

Страшко Анна Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры мобилизационной подготовки здравоохранения и медицины катастроф, Саратовский государственный медицинский университет им. В. И. Разумовского; Россия, 410012, г. Саратов, ул. Большая Казачья, д. 112; SPIN-код: 9095-1843; ORCID: 0009-0004-2900-7713; e-mail: strashkoanna@yandex.ru

Карагайчева Юлия Владимировна – кандидат биологических наук, доцент кафедры мобилизационной подготовки здравоохранения и медицины катастроф, Саратовский государственный медицинский университет им. В. И. Разумовского; Россия, 410012, г. Саратов, ул. Большая Казачья, д. 112; SPIN-код: 4626-3766; ORCID: 0000-0002-9943-0179; e-mail: mpzmksgmu64@yandex.ru

Information about the authors

Vladimir V. Maslyakov – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Professor of the Department of Health Care Mobilization and Disaster Medicine, Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky; Russia, 410012, Saratov, Bolshaya Kazachya Str., 112; ORCID: 0000-0001-6652-9140; SPIN: 4232-3811; e-mail: maslyakov@inbox.ru

Sergey A. Sidelnikov – Dr. of Sci. (Med.), Associate Professor, Head of the Department of Health Care Mobilization and Disaster Medicine, Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky; Russia, 410012, Saratov, Bolshaya Kazachya Str., 112; ORCID: 0000-0002-9913-5364; SPIN: 8838-9282; e-mail: ssidelnikov@mail.ru

Olga N. Pavlova – Dr. of Sci. (Biol.), Associate Professor, Head of the Department of Physiology, Samara State University; Russia, 443099, Samara, Chapayevskaya Str., 89; ORCID: 0000-0002-8055-1958; SPIN: 6326-6884; e-mail: casiopeya13@mail.ru

Natalya B. Zakharova – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Professor of the Department of Biochemistry and Clinical Laboratory Diagnostics, Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky; ORCID: 0000-0001-9410-2240; eLibrary SPIN: 5354-6327; e-mail: lipidgormon@mail.ru

Alim E. Burekeshev – Postgraduate student at the Department of Public Health and Healthcare, Reaviz Saratov Medical University; Russia, 410012, Saratov, Verkhny Rynok Str., Bldg. 10; ORCID: 0009-0009-7681-176X; e-mail: alim.ergenovich@mail.ru

Anna V. Strashko – Dr. of Sci. (Techn.) Associate Professor at the Department of Health and Disaster Medicine Mobilization Training; Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky; Russia, 410012, Saratov, Bolshaya Kazachya Str., 112; SPIN-code: 9095-1843; ORCID: 0009-0004-2900-7713; e-mail: strashkoanna@yandex.ru

Yulia V. Karagaycheva – Dr. of Sci. (Biol.), Associate Professor at the Department of Health and Disaster Medicine Mobilization Training, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky; Russia, 410012, Saratov, Bolshaya Kazachya Str., 112; SPIN-code: 4626-3766; ORCID: 0000-0002-9943-0179; e-mail: mpzmksgmu64@yandex.ru

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция и план исследования – В. В. Масляков, С. А. Сидельников; сбор и анализ данных – О. Н. Павлова, А. В. Страшко; подготовка рукописи – А. Е. Бурекашев, Ю. В. Карагайчева.

Authors' contributions. All authors confirm that they meet the criteria for authorship according to the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, the conduct of the research, and the preparation of the article, and have read and approved the final version before publication).

Special contribution: VVM, SAS concept and research plan; ONP, AVS data collection and analysis; AEB, YuVK manuscript preparation.

Этическая экспертиза: Материалы исследования представлены, рассмотрены и одобрены Локальным этическим комитетом (ЛЭК) при Саратовском медицинском университете «Реавиз», № 12 от 12.11.2024 г. Все участники исследования дали письменное согласие на проведение исследования после устного разъяснения им цели и задач исследования.

Ethical expertise: The study materials were submitted, reviewed, and approved by the Local Ethics Committee at the Reaviz Saratov Medical University, No. 12 dated November 12, 2024. All study participants provided written consent to participate in the study after being verbally informed about the purpose and objectives of the study.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. The authors declare that they have no competing interests.

Финансирование: исследование проведено без дополнительного финансирования.

Funding: the study was carried out without additional funding.

Поступила/Received: 13.05.2026

Принята к печати/Accepted: 15.09.2026

Опубликована/Published: 30.09.2026

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Кошоридзе Н. И., Менабде К. О., Кучукашвили З. Т., Чачуа М. В., Чипашвили М. Д. Количественные изменения продуктов перекисного окисления липидов в условиях стресса // *Журнал физиологии и биохимии стресса*. 2010. Т. 6, № 2. С. 4–6 [Koshoridze N. I., Menabde K. O., Kuchukashvili Z. T., Chachua M. V., Chipashvili M. D. Quantitative changes in lipid peroxidation products under stress conditions. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 2010, Vol. 6, № 2, pp. 4–6 (In Russ.)].
2. Жетписбаева Г. С. Состояние перекисного окисления липидов, антиоксидантной защиты и гуморального иммунитета под влиянием хронического стресса // *Известия высших учебных заведений. Поволжье. Медицинские науки*. 2008. № 3, С. 3–7 [Zhetpishaeva G. S. The state of lipid peroxidation, antioxidant protection and humoral immunity under the influence of chronic stress. *News of higher educational institutions. The Volga region. Medical sciences*, 2008, № 3, pp. 3–7 (In Russ.)].
3. Volkova M. V., Ragino Yu. I. Modern biomarkers of oxidative stress assessed by enzyme immunoassay. *Atherosclerosis*, 2021, Vol. 17, № 4, pp. 79–92.
4. Курашова Н.А., Долгих М.И., Осипова Е.В., Дашиев Б.Г. Анализ изменений компонентов системы перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты у военнослужащих. *Acta Biomedica Scientifica*, 2017, Т. 2, № 4, С. 27–31 [Kurashova N. A., Dolgikh M. I., Osipova E. V., Dashiev B. G. Analysis of Changes in the Components of Lipid Peroxidation and Antioxidant Defense in Military Personnel. *Acta Biomedica Scientifica*, 2017, Vol. 2, № 4, pp. 27–31 (In Russ.)].
5. Масляков В. В., Захарова Н. Б., Верижникова Е. В., Барачевская Е. Е., Павлова О. Н., Фохт Ю. В., Романова И. В., Бурекешева А. Е. Динамика факторов роста нервов у участников боевых действий и их клиническое значение // *Неотложная медицинская помощь*. 2025. Т. 26, № 2. С. 28–33 [Maslyakov V. V., Zakharova N. B., Verizhnikova E. V., Barachevskaya E. E., Pavlova O. N., Focht Yu. V., Romanova I. V., Burekesheva A. E. Dynamics of nerve growth factor in combatants and their clinical significance. *Emergency medical care*, 2025, Vol. 26, № 2, pp. 28–33 (In Russ.)].
6. Безруков Е. А., Проскура А. В. Связь между окислительным стрессом и повреждением ДНК сперматозоидов // *Российский журнал репродукции человека*. 2016. Т. 22, № 6. С. 103–109 [Bezrukov E. A., Proskura A. V. Relation between oxidative stress and sperm DNA damage. *Russian Journal of Human Reproduction*, 2016, Vol. 22, № 6, pp. 103–109 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17116/repro2016226103-109>.
7. Волчегорский И. А., Налимов А. Г., Яровинский Б. Г., Лифшиц Р. И. Сравнение различных подходов к определению продуктов перекисного окисления липидов в гептан-изопропанольных экстрактах крови // *Вопросы медицинской химии*. 1989. Т. 35, № 1, С. 127–131 [Volchegorsky I. A., Nalimov A. G., Yarovinsky B. G., Lifshits R. I. Comparison of different approaches to the determination of lipid peroxidation products in heptane-isopropanol blood extracts. *Questions of medicinal chemistry*, 1989, Vol. 35, № 1, pp. 127–131 (In Russ.)].
8. Биленко М. В. Ишемические и реперфузионные повреждения органов (молекулярные механизмы, пути профилактики и лечения). М.: Медицина; 1989. С. 367 [Bilenko M. V. Ischemic and reperfusion injuries of organs (Molecular mechanisms, ways of prevention and treatment): Moscow: Medicine, 1989, pp. 367 (In Russ.)].
9. Гаврилов В. Б., Гаврилова А. Р., Мажул Л. М. Анализ методов определения продуктов перекисного окисления липидов в сыворотке крови по данным теста с тиобарбитуровой кислотой // *Вопросы медицинской химии*. 1987. Т. 33, № 1. С. 118–122 [Gavrilov V. B., Gavrilova A. R., Mazhul L. M. Analysis of methods for the determination of lipid peroxidation products in blood serum according to the test with thiobarbituric acid. *Questions of medicinal chemistry*, 1987, Vol. 33, № 1, pp. 118–122 (In Russ.)].
10. Misra H. P., Fridovich I. The role of superoxide anion in the autoxidation of epinephrine and a simple assay for superoxide dismutase. *Journal of Biological Chemistry*, 1972, Vol. 244, № 10, pp. 6049–6055.
11. Клебанов Г. И., Владимиров Ю. А., Модестова Т. М., Страшкевич И. А., Чичук Т. В. Влияние эндогенных фотосенсибилизаторов на лазерно-индуцированный прайминг лейкоцитов крови // *Биологические мембраны*. 1998. Т. 15, № 3. С. 273–285 [Klebanov G. I., Vladimirov Yu. A., Modestova T. M., Strashkevich I. A., Chichuk T. V. The effect of endogenous photosensitizers on laser-induced priming of blood leukocytes. *Biological membranes*, 1998, Vol. 15, № 3, pp. 273–285 (In Russ.)].
12. Черняускене Р. Ч., Варшкявичене З. З., Грибаускас П. С. Одновременное определение концентраций витаминов Е и А в сыворотке крови // *Лабораторная работа*. 1984. № 6. С. 362–365 [Chernyauskene R. Ch., Varshkyavichene Z. Z., Gribauskas P. S. Simultaneous determination of concentrations of vitamins E and A in blood serum // *Laboratory work*. 1984, № 6, pp. 362–365 (In Russ.)].

- Grybauskas P. S. Simultaneous determination of concentrations of vitamins E and A in blood serum. *Laboratory work*, 1984, № 6, pp. 362–365 (In Russ.).
13. Hissin P. J., Hilf R. A fluorometric method for determination of oxidized and reduced glutathione in tissues. *Anal Biochem*, 1976, Vol. 74, № 1, pp. 214–226. doi: 10.1016/0003-2697(76)90326-2.
14. Kudaeva I. V., Masnavieva L. B. Methods for assessing oxidative status in laboratory practice. *The Medical alphabet*, 2015, Vol. 1, № 2, pp. 14–18.
15. Шилова Л. Н., Емельянов Н. Н. Значение антител к супероксиддисмутазе эритроцитов в изменении ее активности при системной склеродермии // *Вестник Волгоградского государственного медицинского университета*. 2011. № 3. С. 39–41 [Shilova L. N., Emelyanov N. N. The importance of antibodies to erythrocyte superoxide dismutase in changing its activity in systemic scleroderma. *Bulletin of the Volgograd State Medical University*, 2011, № 3, pp. 39–41 (In Russ.)].
16. Ланкин В. З., Тихадзе А. К., Беленков Ю. Н. Свободнорадикальные процессы в норме и при патологии. М.: РКНПК МЗ РФ; 2001. 78 с. [Lankin V. Z., Tikhadze A. K., Belenkov Yu. N. Free radical processes in normal and pathological conditions. Moscow: KNGK MZ RF; 2001, 78 p. (In Russ.)].

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ УСПЕШНОСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВОДОЛАЗОВ: ПИЛОТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

¹А. М. Андрийченко*, ¹П. А. Емущинцев, ²К. В. Сапожников

¹198-й Научно-исследовательский центр Министерства обороны Российской Федерации,
г. Севастополь, Россия

²Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

ЦЕЛЬ. Исследовать профессиональную деятельность водолазов и разработать методику оценки успешности их работы, использование которой может быть включено в перечень мероприятий профессионально-психологического отбора для повышения кадрового потенциала в системе управления личным составом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Обследованы 13 человек в возрасте от 25 до 45 лет, имеющих стаж работы водолазом от 2 до 10 лет. Методика проводилась в три этапа. На первом этапе была проанализирована научная литература, руководящие документы, изучены трудовые задачи, проведен мониторинг трудовой деятельности и отобраны основные три группы критериев. На втором этапе методом экспертных оценок был выделен спектр характеристик, объективно отражающих содержание каждого критерия, создана пятибалльная шкала оценок с интерпретацией. На третьем этапе методом экспертных показателей был определен уровень успешности профессиональной деятельности водолазов. Исследование проводилось два раза – на контрольных и итоговых проверках в течение года. Результаты обрабатывали в программном продукте «Среда R v 4.3.0».

РЕЗУЛЬТАТЫ. Основными группами критериев для оценки успешности профессиональной деятельности являются общие характеристики (состояние здоровья, уровень физической подготовки, дисциплина), профессиональная подготовка (водолазная квалификация, теоретическая и практическая знания), психологические характеристики (исполнительность, стрессоустойчивость, коммуникабельность). Количественные и качественные результаты позволяют объективно оценить уровень успешности специалиста, обеспечивая начальников информацией о наличии среди водолазов групп резерва, которые могут в дальнейшем быть рекомендованы при выдвижении на вышестоящие должности, а также о наличии групп риска, которые нуждаются в дополнительном контроле или реабилитационных мероприятиях и повышении уровня квалификации.

ОБСУЖДЕНИЕ. В результате проведенного исследования была разработана методика, которая предоставила возможность впервые объективно оценить уровень успешности профессиональной деятельности водолаза. Установлено, что высокая эффективность и успешность выполнения задач в профессиональной деятельности достигается наличием у специалистов таких показателей, как высокий уровень физической подготовленности, состояния здоровья. Важной составляющей являются глубокие профессиональные знания в области руководящих документов, водолазной медицины, а также наличие необходимых компетенций для выполнения водолазных работ. Существенным компонентом выступает наличие развитых индивидуально-психологических характеристик, таких как достаточный уровень исполнительности, неукоснительное выполнение приказов, высокий уровень мотивации, стрессоустойчивости, саморегуляции, самоконтроля над мыслями и эмоциями, способность к мгновенному принятию решения в критической ситуации. Полученные знания позволяют своевременно принимать корректирующие меры для предотвращения снижения профессиональной, физиологической и психологической деятельности личного состава, и продлить профессиональное долголетие. Установлено, что методика валидна и может быть включена в перечень мероприятий профессионально-психологического отбора и психологического мониторинга для повышения кадрового потенциала в системе управления личным составом.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, водолаз, профессиональная деятельность, профессионально важные качества, успешность профессиональной деятельности

*Для корреспонденции: Андрийченко Анна Михайловна, e-mail: alteya555@gmail.com

*For correspondence: Anna M. Andriychenko, e-mail: alteya555@gmail.com

Для цитирования: Андрийченко А. М., Емущинцев П. А., Сапожников К. В. Разработка методики оценки успешности профессиональной деятельности водолазов: пилотное исследование // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 3. С. 75–88, <https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-75-88>; EDN: <https://elibrary.ru/ZNMOFY>

For citation: Andriychenko A. M., Emushintsev P. A., Sapozhnikov K. V. Development of method for assessing success of divers' professional performance: pilot study // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 3. P. 75–88, <https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-75-88>; EDN: <https://elibrary.ru/ZNMOFY>

DEVELOPMENT OF METHOD FOR ASSESSING SUCCESS OF DIVERS' PROFESSIONAL PERFORMANCE: PILOT STUDY

¹ Anna M. Andriychenko*, ¹ Petr A. Emushintsev, ² Kirill V. Sapozhnikov³

¹198th Scientific Research Center of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Sevastopol, Russia

²Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

OBJECTIVE. To study divers' professional activities and develop a methodology for assessing the success of their work, the use of which can be included in the list of measures for professional and psychological selection to increase human resource potential in the personnel management system.

MATERIALS AND METHODS. Thirteen individuals aged 25 to 45, with 2 to 10 years of diving experience, were surveyed. The study was conducted in three stages. In the first stage, scientific literature and guidelines were analyzed, work tasks were examined, work performance was monitored, and three key groups of criteria were selected. In the second stage, expert assessments were used to identify a range of characteristics that objectively reflected the content of each criterion, and a five-point rating scale with interpretation was created. In the third stage, expert indicators were used to determine the divers' level of professional success. The study was conducted twice—during control and final inspections throughout the year. The results were processed using the software “Sreda R v 4.3.0”.

RESULTS. The main criteria for assessing professional success are general characteristics (health, physical fitness, discipline), professional training (diving qualifications, theoretical and practical knowledge), and psychological characteristics (diligence, stress resistance, communication skills). Quantitative and qualitative results allow an objective assessment of a specialist's level of success, providing managers with information about the presence of reserve groups among divers who can be recommended for promotion to higher positions, as well as the presence of risk groups that require additional monitoring or rehabilitation measures and advanced training.

DISCUSSION. The study resulted in the development of a methodology that made it possible, for the first time, to objectively assess the level of professional success of divers. It was established that high efficiency and success in professional performance are achieved by specialists possessing such indicators as a high level of physical fitness and health. Important components include in-depth professional knowledge of regulatory documents and diving medicine, as well as the necessary competencies for performing diving operations. A significant component is the presence of developed individual psychological characteristics, such as a sufficient level of diligence, strict adherence to orders, a high level of motivation, stress resistance, self-regulation, self-control over thoughts and emotions, and the ability to make immediate decisions in a critical situation. The acquired knowledge enables timely corrective measures to prevent a decline in the professional, physiological, and psychological performance of personnel and to extend their professional longevity. It has been established that the methodology is valid and can be included in the list of measures for professional-psychological selection and psychological monitoring to improve human resource potential in the personnel management system.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, diver, professional activity, professionally important qualities, success in professional activity

Введение. Быстро развивающиеся военно-профессиональные технологии современного мира ставят перед руководителями вопросы необходимости совершенствования системы управления личным составом с целью повышения эффективности их профессиональной деятельности и внедрения новых методов управления. От того, насколько высокую квалификацию имеет специалист, а его должностные обязанности соответствуют возможностям и личным способностям, зависит успешность

выполнения поставленных задач и развитие организации в целом [1–3].

Ключевым аспектом для достижения цели становится создание объективной и комплексной системы определения успешности профессиональной деятельности специалистов, которая позволит установить уровень подготовки, выполнение должностных обязанностей, личностные особенности. Под оценкой специалистов в профессиональной деятельности подразумевается определение степени

пригодности человека к выполнению возложенных на него обязанностей, достигнутых успехов, выраженность личных качеств, необходимых для выполнения задач¹. Выводы специалистов позволят объективно определить количественные и качественные результаты его деятельности, а также выявлять соответствие личных качеств профессиональным требованиям [4, 5].

В рамках достижения указанной выше цели становится вопрос о том, какие именно показатели успешности или результативности деятельности стоит оценивать. Под показателем результативности понимают описательный или количественный критерий, характеризующий результат деятельности или успешность движения к достижению поставленной цели [6, 7, 8].

Анализ зарубежных литературных источников по этому вопросу показывает, что более чем десятилетний опыт стран США, Великобритании, Австралии и Новой Зеландии при оценке результативности деятельности государственных специалистов делят на группы, выделяют ряд критериев, придавая им разную значимость, например, набор требований к профессиональным и личным навыкам (Input measures), сроки и нормативы выполнения определенной деятельности (Process measures), объем проделанной работы (Output measures), степень достижения целей и задач (Outcome measures), эффект воздействия руководителя на управляемую группу (Impact measures). Для работы с критериями применяется метод «оценочного центра» [9]. Наряду с экономическими и социальными показателями оценивают и личностные особенности специалистов по следующим критериям: общие умственные способности, умение делать устные и письменные обобщения, контактность, восприятие социального мнения, самооценка, стрессоустойчивость, решительность, гибкость поведения, необходимость в продвижении и карьерном росте и другие [10–12].

Например, в Южной Корее основные критерии результатов деятельности специалистов включают три общие группы: выполнение заданий (качественные и количественные характеристики, время, затраченное на выполнение

задачи, и влияние, оказанное на конечный результат); способности (навыки работы с компьютером, знакомство с поставленной задачей, суждения, планирование, профессиональный сертификат); отношение к работе (опоздание, отсутствие на рабочем месте, дисциплина, уважительное отношение к коллегам). Результаты оценивают по 5 категориям: великолепно, отлично, хорошо, неудовлетворительно, неприемлемо. Эта методика позволяет любому министерству самостоятельно определить составляющие критерии и соответствующие баллы.

В Финляндии используется меньшее количество критериев: теоретические знания и практические навыки. Подробное описание критериев определяется в соответствии со спецификой деятельности подразделения [9].

В настоящее время в Российской Федерации проводится реформа, которая подразумевает практическое внедрение систем результативности в современную систему профессиональной служебной деятельности специалистов. В соответствии с основным направлением реформирования предлагается применять систему показателей результативности профессиональной служебной деятельности, которые позволяют в виде конкретных качественных и количественных параметров зафиксировать особенности и степень достижения целей, выполнения задач, возложенных на специалистов. Внедрение этих показателей отражено в Федеральном законе «О государственной гражданской службе Российской Федерации» №79-ФЗ от 27.07.2004 г.

Предусмотрены два показателя результативности и эффективности профессиональной служебной деятельности: обобщенные и специфические. Под обобщенными показателями понимаются типовые показатели, общие для многих гражданских служащих, такие как сроки подготовки документов, выполнение конкретных поручений и так далее. Под специфическими показателями понимаются индивидуально установленные для отдельных специалистов показатели непосредственного результата, связанные со спецификой деятельности [13].

Наряду со стремительными изменениями в законодательной базе для гражданских специалистов в Вооруженных силах Российской Федерации в области водолазного дела ситуация складывается иным образом.

¹Зайнетдинова И. Ф. Оценка деятельности работников организации: учебно-методич. пособие / И. Ф. Зайнетдинова. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2016. С. 10.

Анализ руководящих документов показал, что на данный момент оценка профессиональной деятельности по специальности «водолаз» основана на изучении состояния здоровья (ежегодное прохождение военно-врачебной комиссии), проведении функциональных проб, сдаче контрольных нормативов (ежегодное подтверждение водолазной квалификации)². Основным регламентирующим документом при проведении водолазных спусков в настоящее время являются Правила водолазной службы Военно-Морского Флота 2002 г. (ПВС ВМФ-2002)³. В них представлены нормативы профессиональной подготовки водолазов, однако не раскрыт механизм системы их оценивания. При этом система мониторинга дальнейшей профессиональной пригодности водолазов ограничивается проведением аттестаций в течение учебного года.

Для изучения личностных качеств проведен психологический профессиональный отбор. Регламентирующим документом является руководство по профессиональному психологическому отбору в Вооруженных силах Российской Федерации (приказ министра обороны Российской Федерации от 31 октября 2019 г. № 640). Он позволяет составить заключение о «Профессиональной пригодности» на пункте отбора, без учета особенностей отдельных профессиональных групп. Дальнейший психологический мониторинг проводится специалистами-психологами по месту службы один раз в полгода, если такой специалист предусмотрен.

В документах Министерства науки и высшего образования Российской Федерации предлагается успешность обучения и эффективность профессионально-психологического отбора изучать, исходя из ряда признаков. К объективным признакам относят такие показатели, как текучесть кадров, доля лиц, не прошедших испытательный срок, нарушения трудовой (служебной) и исполнительской дисциплины, уровни ошибок и травматизма. К субъективным признакам – самооценку работником себя как профессионала (профессиональное самопре-

деление), экспертную оценку работника со стороны окружающих (руководителей, сослуживцев и др.)^{2, 3}.

В рамках исследования данного вопроса было организовано взаимодействие с Центром подготовки военных спасателей и водолазных специалистов. Основными критериями при отборе водолазов специалисты центра называют профессиональную пригодность (физическое состояние здоровья), нервно-психическую, а также суицидальную устойчивость. Для диагностики необходимых показателей, а также для качественной и быстрой обработки результатов используют автоматизированное рабочее место военного психолога (АРМ ВП). Проведенная работа показала, что отсутствуют систематизированные объективные данные о специалисте с учетом особенностей его профессиональной деятельности.

Очевидно, что в действующих руководящих документах и практическом их применении отсутствуют единая система оценивания, критерии оценки, профессионально-психологический отбор с учетом профессионально важных качеств, психологический мониторинг в процессе выполнения учебно-боевых задач.

С учетом актуальности вопроса и выявленных недостатков были проведены исследование и отбор критериев успешности профессиональной деятельности водолазов, которые могут применяться при решении вопросов профессионально-психологического отбора, назначения на должность, определения соответствия должностным обязанностям, повышения кадрового потенциала в системе управления личным составом (водолазов), выявления потребности в своевременном обучении и при психологическом мониторинге.

Цель. Разработать методику оценки успешности профессиональной деятельности водолазов, использование которой может быть включено в перечень мероприятий профессионально-психологического отбора для повышения кадрового потенциала в системе управления личным составом.

²Семенцов В. Н., Иванов И. В. Функциональные тесты для профессионального отбора водолазов и кессонщиков // Известия Российской Военно-медицинской академии. 2019. Т. 38, № 3. С. 207–216.

³Правила водолажной службы Военно-Морского Флота. Часть 1. М.: Воениздат. 2002. С. 1–107.

⁴Караяни А. Г., Сулимова Ю. Г. Военная профессиология: учебник. М.: ВУ. 2004. 276 с.

⁵Караяни А. Г., Сыромятников И. В. Военная психология: учебник для специалистов психологической работы Вооруженных Сил Российской Федерации. М.: ВУ. 2016. С. 18–20.

Материалы и методы. Исследование профессиональной деятельности и разработку методики проводили в три этапа. На первом этапе сформированная экспертная комиссия в составе специалистов, имеющих стаж и опыт работы в области обеспечения водолазных спусков, водолазного врача, психолога осуществляла анализ руководящих документов Министерства обороны Российской Федерации и других источников для определения критериев и методов оценки профессиональной деятельности водолазов. С помощью анализа руководящих документов, текущей документации, изучения трудовых задач, наблюдения за ходом трудовой деятельности были изучены социальные характеристики (уровни образования, физической подготовки, водолазной квалификации), социально-психологические анкеты, медицинские характеристики, основные задачи профессиональной деятельности⁶. Посредством анализа данных были отобраны три основные группы критериев: общие и психологические характеристики, профессиональная подготовка.

Было определено, что для разработки методики успешности профессиональной деятельности целесообразно использовать Методику всесторонней оценки профессиональной служебной деятельности государственного гражданского служащего Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации 2016 года⁷, Правила водолазной службы Военно-Морского Флота 2002 г., ранее разработанную ориентировочную профессиограмму для специальности «водолаз», а также, согласно методикам, пятибалльную шкалу оценки, которая представлена в документах Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий⁸.

⁶Пряжников Н. С., Пряжникова Е. Ю. Психология труда. 5-е изд.: М. Издательский центр «Академия». 2009. С. 80–101.

⁷Методика всесторонней оценки профессиональной служебной деятельности государственного гражданского служащего, разработанная Министерством труда и социальной защиты Российской Федерации и опубликованного на официальном сайте Минтруда России (<http://www.rosmintrud.ru/ministry/programms/gossluzhba/16/4/0>).

⁸Приказ Минтруда России от 17.12.2020 № 922н «Об утверждении Правил по охране труда при проведении водолажных работ» (http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372949).

На втором этапе, на основании анализа полученных данных, методом экспертных оценок был выделен спектр характеристик, объективно отражающих содержательную составляющую каждого критерия, и составлена пятибалльная шкала оценок с интерпретацией.

На третьем этапе была проведена апробация разработанной дважды в течение года методики контрольной и итоговой проверок с участием водолазного подразделения в количестве 13 человек в возрасте от 25 до 45 лет, имеющих стаж работы от 2 до 10 лет. Были обследованы специалисты мужского пола, годные к службе по специальности «водолаз» и допущенные к водолажным спускам на глубины до 60 м. Комиссия выставляла баллы по определенным критериям методом экспертных оценок, результаты фиксировали в протоколах и сводных таблицах. Исследование проводили два раза в течение года на контрольных и итоговых проверках.

Результаты. В результате экспертной оценки комиссией были отобраны три основные группы критериев: общие характеристики, профессиональная подготовка, психологические характеристики. Выделен спектр характеристик, объективно отражающих содержательную компоненту каждого критерия и сформирована пятибалльная шкала оценок с интерпретацией.

К первой группе критериев «общие характеристики» были отнесены:

- состояние здоровья (заключение военно-врачебной комиссии о годности к службе по специальности «водолаз», группа здоровья, наличие хронических заболеваний, степени нарушений функции организма, количество трудопотерь в течение года) (Табл. 1);

- уровень физической подготовки (результаты ежеквартальной сдачи нормативов физической подготовки) (Табл. 2);

- дисциплинарная практика (служебные карточки, наличие поощрений и взысканий) (Табл. 3).

Ко второй группе критериев «профессиональная подготовка» были отнесены:

- водолазная квалификация (уровень теоретических знаний, практического опыта, навыков производства водолажных работ и продолжительность работы под водой и др.) (Табл. 4);

- оценка теоретической подготовки (уровень знаний руководящих документов, водолазного снаряжения, водолазной техники, водолазной медицины, выявленных в процессе проведения

Таблица 1

Шкала оценки состояния здоровья

Table 1

Health assessment scale

Балл	Содержательная интерпретация оценок
5	Имеет группу здоровья I. Решение военно-врачебной комиссии – здоров, годен к службе водолазом и службе в условиях повышенного давления газовой среды
4	Имеет группу здоровья I. Решение военно-врачебной комиссии – годен к службе водолазом и службе в условиях повышенного давления газовой среды. Не имеет ни одного хронического заболевания, без нарушения функций.
3	Имеет группу здоровья II. Решение военно-врачебной комиссии – годен к службе водолазом и службе в условиях повышенного давления газовой среды. Имеет незначительные отклонения в состоянии здоровья.
2	Имеет группу здоровья II. Решение военно-врачебной комиссии – годен к службе водолазом и службе в условиях повышенного давления газовой среде. Имеет два и более хронических заболеваний, без нарушения функций
1	Имеет группу здоровья III. По решению военно-врачебной комиссии – не годен к службе водолазом и к службе в условиях повышенного давления газовой среды. Имеет высокий уровень утомленности (более 30 суток в течение года)

Таблица 2

Шкала оценки физической подготовки

Table 2

Physical fitness assessment scale

Балл	Содержательная интерпретация оценок
5	По итогам сдачи нормативов по физической подготовке имеет квалификационный уровень
4	По итогам сдачи нормативов по физической подготовке имеет оценку «отлично»
3	По итогам сдачи нормативов по физической подготовке имеет оценку «хорошо»
2	По итогам сдачи нормативов по физической подготовке имеет оценку «удовлетворительно»
1	По итогам сдачи нормативов по физической подготовке имеет оценку «неудовлетворительно». Нормативы по физической подготовке не сдавал

Таблица 3

Шкала оценки дисциплинарной практики

Table 3

The scale of assessment of disciplinary practice

Балл	Содержательная интерпретация оценок
5	Наличие наград и поощрений от вышестоящего командования
4	Наличие поощрения от командира части
3	Отсутствие поощрений и взысканий
2	Наличие взысканий от командира части
1	Наличие взысканий от вышестоящего командования

контрольных занятий, по итогам каждого периода обучения) (Табл.5);

- оценка практической подготовки (учебные, тренировочные, рабочие и экспериментальные водолазные спуски, а также нахождение под

воздействием повышенного давления воздушной среды в барокамере, выполнение ежегодной нормы часов работы под водой) (Табл. 6).

В третью группу критериев «психологических характеристик» были отобраны:

- исполнительность (волевое качество личности, которое заключается в активном, старательном и систематическом исполнении получаемых задач / принимаемых решений) (табл. 7);

- стрессоустойчивость (способность адекватно переносить значительные интеллекту-
- альные, волевые и эмоциональные нагрузки/ перегрузки, напряженную или экстремальную ситуацию без вредных последствий для здоровья) (Табл. 8);

- коммуникабельность (приобретаемое качество личности, проявляющееся в умении чело-

Таблица 4

Шкала оценки квалификаций штатных водолазов

Table 4

The scale of assessment of the qualifications of full-time divers

Балл	Содержательная интерпретация оценок
5	Квалификация «старший инструктор-водолаз», имеет дополнительную водолазную квалификацию
4	Квалификация «старший инструктор-водолаз» Квалификация «инструктор-водолаз», имеет дополнительную водолазную квалификацию
3	Квалификация «инструктор-водолаз»
2	Квалификация «водолаз», имеет дополнительную водолазную квалификацию
1	Квалификация «водолаз»

Таблица 5

Шкала оценки теоретической подготовки водолазов

Table 5

The scale of assessment of the theoretical training of divers

Балл	Содержательная интерпретация оценок
5	Освоил материал Программы обучения на отлично. Имеет уровень знаний вышестоящего специалиста
4	Освоил материал Программы обучения на отлично. Освоил материал Программы обучения на хорошо. Имеет уровень знаний вышестоящего специалиста
3	Освоил материал Программы обучения на хорошо
2	Освоил материал Программы обучения на удовлетворительно
1	Не освоил материал Программы обучения, требовалась пересдача

Таблица 6

Шкала оценки практической подготовки водолазов

Table 6

The scale of assessment of practical training of divers

Балл	Содержательная интерпретация оценок
5	Отработка нормативов и практических задач согласно Программе обучения на отлично. Имеет уровень подготовки вышестоящего специалиста
4	Отработка нормативов и практических задач согласно Программе обучения на отлично. Отработка нормативов и практических задач согласно Программе обучения на хорошо. Имеет уровень подготовки вышестоящего специалиста
3	Отработка нормативов и практических задач согласно Программе обучения на хорошо
2	Отработка нормативов и практических задач согласно Программе обучения на удовлетворительно
1	При отработке нормативов и практических задач согласно Программе обучения требовалась пересдача

Таблица 7

Шкала оценки по критерию «исполнительность»

Table 7

The scale of assessment according to the criterion of “performance”

Балл	Содержательная интерпретация
5	Лучший по своим способностям и личным качествам: неукоснительно выполняет приказы начальника; проявляет инициативность, активность; рассчитывает только на собственные силы; положительные эмоции при выполнении действий
4	Обладает достаточными способностями и личными качествами: выполняет приказы начальника; проявляет инициативность, умеренную активность; рассчитывает на собственные силы, но не отказывается от помощи; положительные эмоции при выполнении действий
3	Обладает средними способностями и личными качествами: выполняет указания начальников с заминкой; невыраженная инициативность, спокойствие; ждет помощи от товарищей; умеренность в эмоциональных проявлениях
2	Способности и личные качества ниже средних и требуют большего усилия, чем у остальных: выполняет приказы начальника с затруднением; отсутствие инициативности, отстраненность; выполнение срочных дел «выбивает из колеи»; отсутствие эмоциональной вовлеченности
1	Способности и личные качества низкие: частичное выполнение задания со значительными затруднениями; неуверенность в действиях; затягивание задания по времени; тревожность

Таблица 8

Шкала оценки по критерию «стрессоустойчивость»

Table 8

The scale of assessment according to the criterion of “stress tolerance”

Балл	Содержательная интерпретация
5	Лучший по своим способностям и личным качествам: проявляет самоконтроль над эмоциями, видимое спокойствие, с легкостью абстрагируется от раздражающих факторов; адекватно анализирует ситуацию, способен мгновенно принимать решения, инициативен; адекватно воспринимает критику
4	Обладает достаточными способностями и личными качествами: проявляет самоконтроль над эмоциями, видимое спокойствие, может абстрагироваться от раздражающих факторов, проявляя волевое усилие; достаточно адекватно анализирует ситуацию, принимает решения, не проявляет «героизма»; адекватно воспринимает критику
3	Обладает средними способностями и личными качествами: самоконтроль над эмоциями дается с помощью волевых усилий, сложно сохранять спокойствие, пытается абстрагироваться от раздражающих факторов, однако не длительное время; способен здраво анализировать ситуацию, для поиска путей решения требуется более длительное время; терпимое восприятие критики
2	Способности и личные качества ниже средних и требуют большего усилия, чем у остальных: самоконтроль над эмоциями дается с затруднением, сложно сохранять спокойствие, с трудом абстрагируется от раздражающих факторов; для анализа ситуации требуется больше времени, принятые решения не всегда удачны; воспринимает критику частично
1	Способности и личные качества низкие: самоконтроль над эмоциями отсутствует, повышенная эмоциональность, сложности в абстрагировании от раздражающих факторов; сложности в оценке ситуации, допускаются ошибки в принятии решений; восприятие критики резкое и отрицательное.

века максимально качественно применять свои способности выстраивания продуктивного взаимодействия) (Табл. 9).

Полученные баллы суммировались и распределялись по уровням. Соответствие баллов

уровню успешности профессиональной деятельности отражено в Табл. 10.

Методику применяли с участием водолазного подразделения дважды в течение года. Каждому испытуемому был присвоен порядковый

Таблица 9

Шкала оценки по критерию «коммуникабельность»

Table 9

The scale of assessment according to the criterion of “sociability”

Балл	Содержательная интерпретация
5	Лучший по своим способностям и личным качествам: с легкостью проявляет способность к совместной работе (работа в команде), договаривается с коллегами; проявляет способность уйти от конфликта, умеет идти на компромиссы; умеет уверенно выражать свое мнение; с легкостью адаптируется в новой обстановке
4	Обладает достаточными способностями и личными качествами: проявляет способность к совместной работе (работа в команде), умеет договариваться с коллегами; проявляет способность уйти от конфликта, стремится идти на компромиссы; выражает свое мнение, но без особой инициативы; проявляет способность адаптироваться в новой обстановке
3	Обладает средними способностями и личными качествами: способность к совместной работе проявляется с помощью волевого усилия, старается договариваться с коллегами; старается уйти от конфликта, однако способность идти на компромиссы дается с трудом; умеет выражать свое мнение; адаптация к новой обстановке достигается дольше, чем у остальных
2	Способности и личные качества ниже средних и требуют большего усилия, чем у остальных: способность к совместной работе проявляется редко, сложность в умении договариваться с коллегами; не всегда удается уйти от конфликта, способность идти на компромиссы дается с трудом; не всегда корректно выражает свое мнение, бывает резок; сложности в адаптации к новой обстановке (требуется больше времени, отсутствие желания и др.)
1	Способности и личные качества низкие: сложности в совместной работе (проявляется либо эмоциональная отстраненность, либо несдержанность); не удается уйти от конфликта, отсутствие способности идти на компромиссы; резкость, некорректность в выражении своего мнения; сложности в адаптации к новой обстановке (требуется больше времени, отсутствие желания и др.)

Таблица 10

Уровень успешности профессиональной деятельности

Table 10

The level of success of professional activity

45–37 баллов	I – высокий уровень успешности
36–28 баллов	II – достаточный уровень успешности
27–19 баллов	III – средний уровень успешности
18–10 баллов	IV – низкий уровень успешности
9 баллов	V – неудовлетворительный уровень успешности

номер (испытуемый №...). Для выставления баллов использовали метод экспертных оценок. Оценка производилась коллегиально по каждому специалисту и заносилась в разработанный бланк.

По окончании исследования был выполнен математико-статистический анализ для определения тест-ретестовой валидности методики. Результаты обрабатывали в программном продукте «Среда R v 4.3.0». Разбор проводили при помощи коэффициента внутриклассовой корреляции с оценкой двунаправленных случай-

ных эффектов на абсолютном согласии (ICC2), который является методом выбора для подобных задач, в отличие, например, от коэффициента корреляции, не учитывающего систематическую ошибку.

Полученные результаты теста-ретеста представлены на Рис. 1.

Из рис. 1 видна общая тенденция к снижению повторных оценок: средняя – 3,8 (95 % ДИ: 0,8; 6,8) балла, при исходных оценках – 38,2 (95 % ДИ: 30,4; 45,9) балла и 34,3 (95 % ДИ: 26,9; 41,7) балла ретеста. Коэффициент внутриклассовой

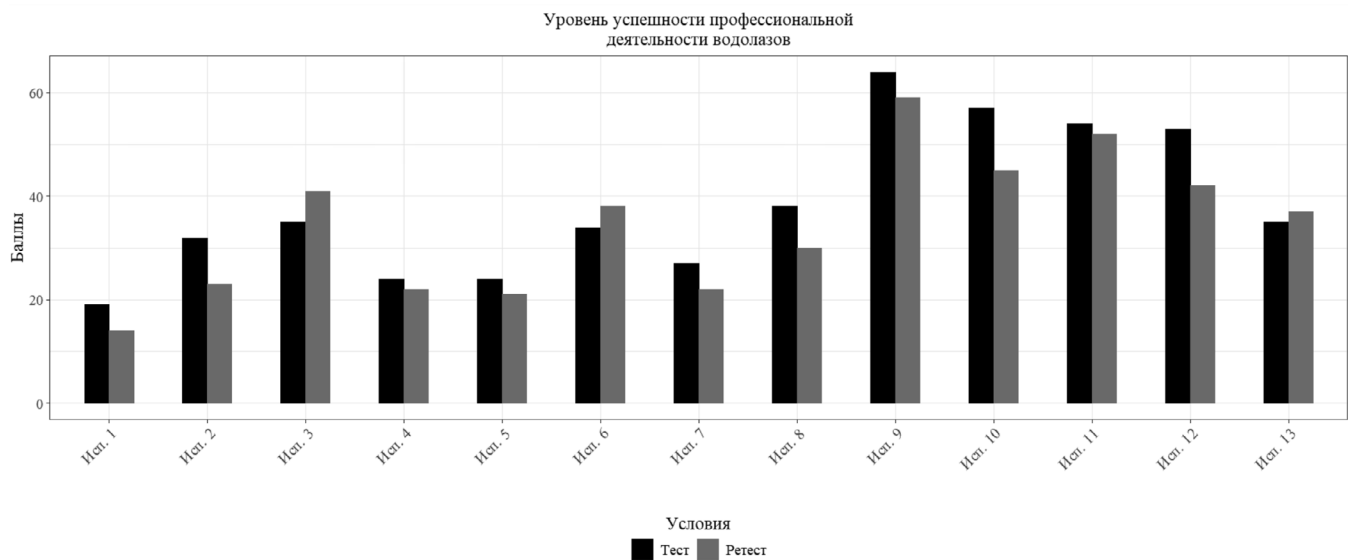


Рис. 1. Уровень успешности профессиональной деятельности водолазов за два периода обучения
Fig. 1. The level of success of professional activity of divers for two periods of training

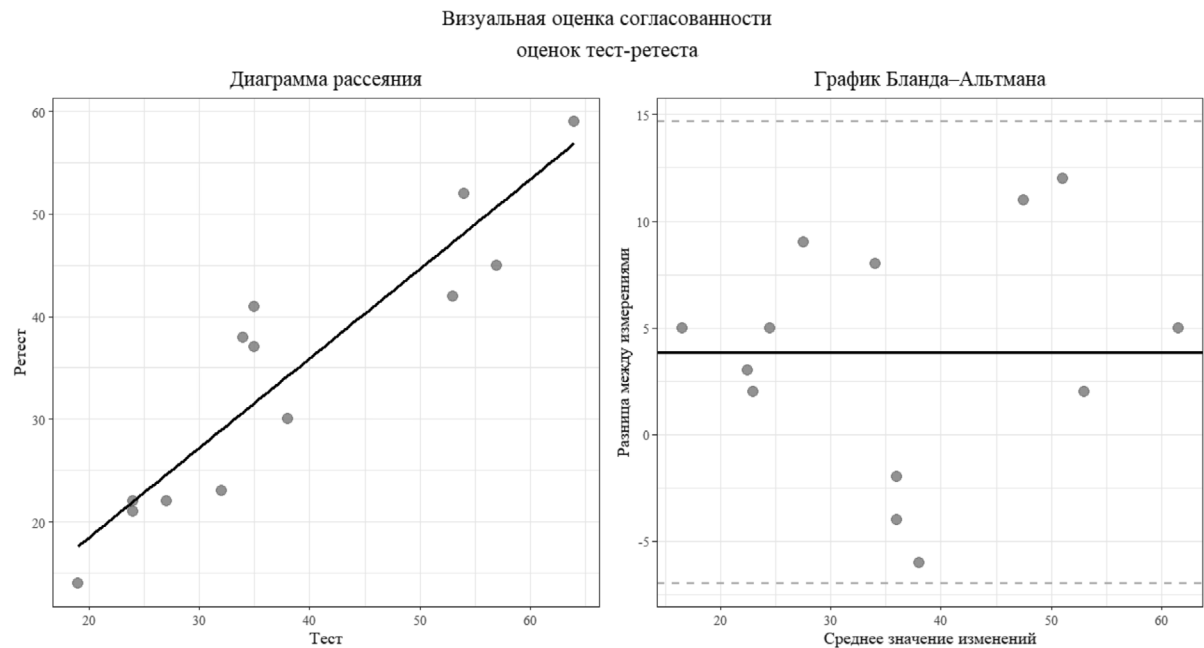


Рис. 2. Оценка степени согласованности оценок успешности водолазов
Fig. 2. Visual assessment of test-retest reliability

корреляции ICC2 составил 0,89 (95 % ДИ: 0,59; 0,97), что, согласно предложенной градации, интерпретируется как хорошая степень согласия оценок. Графическое отображение согласованности – диаграмма рассеяния и график Бланда–Альтмана (Рис. 2) говорят о прочной линейной связи оценок и незначительном их отклонении от средней разницы соответственно.

Таким образом, предложенная методика является валидной по результатам ретеста и по-

зволяет оценить уровень успешности профессиональной деятельности и его динамику на протяжении периода обучения.

Обсуждение. Согласно разработанной методике, по итогам летнего периода обучения 31 % испытуемых получил высокий уровень успешности профессиональной деятельности, что характеризуется хорошим уровнем физической подготовленности, глубокими профессиональными знаниями и навыками,

наличием высокоразвитых индивидуальных психологических характеристик. При этом у 23 % испытуемых выявлены достаточный и средний уровни по тем же показателям, соответствующим оптимальному индивидуальному уровню. У 23 % водолазов показатели находятся в диапазоне низких значений, что свидетельствует о наличии групп риска, в которых обследованные нуждаются в своевременном контроле, принятии мер по реабилитации и кадровых решениях.

В результате изучения «общих критериев успешности» было выявлено, что преобладают I и II группы здоровья, которые характеризуются годностью к службе водолазом в условиях повышенного давления газовой среды, некоторые имеют незначительные отклонения в состоянии здоровья. Большая часть группы имеет высший квалификационный уровень по итогам сдачи нормативов по физической подготовке и общению с начальником.

При изучении профессиональной подготовки установлено, что специалисты имеют водолазную квалификацию инструктор-водолаз, старший инструктор-водолаз, некоторые из них получили дополнительную водолазную квалификацию, а также отличный и хороший уровни теоретической подготовки.

В группе критериев «личностные особенности» определен достаточный уровень исполнительности, что выражается в следовании указаниям, неукоснительном выполнении приказов, высоком уровне мотивации, активности и инициативности, осмысленности действий, расчете на собственные силы, положительных эмоциях при выполнении задач. Установлен достаточный уровень стрессоустойчивости, что характеризуется высоким уровнем саморегуляции, самоконтроля над мыслями и эмоциями, адекватностью при анализе ситуации, принятии взвешенных решений согласно обстоятельствам, в способности к мгновенному принятию решения в критической ситуации. Наблюдается видимое спокойствие, сохраняется возможность деятельности в раздражающей обстановке, способность абстрагироваться, проявляется адекватное восприятие критики, рационализации.

По итогам зимнего периода обучения у 23 % испытуемых определен высокий, у 31 % – достаточный и у 8 % – средний уровни успешности профессиональной деятельности. В то же время 38 % показали низкий уровень (см. рис

1). Данные отражены на Рис. 1. Такая динамика показателей выявила необходимость изучения причин, снижающих уровень профессиональной деятельности специалистов.

В результате сравнения результатов двух этапов исследования были установлены изменения уровня успешности профессиональной деятельности. Как видно из рисунка 1, у троих человек наблюдается повышение уровня успешности к достаточному. Наряду с этим у десяти человек общий показатель уровня успешности снизился за исследуемый период.

Анализ отдельных показателей позволил установить, что в группе «общих критериев успешности» наибольшие изменения наблюдаются по критерию состояния здоровья и физической подготовки. За исследуемый период у 8% исследуемых увеличился показатель состояния здоровья, у 23% – уменьшился. При этом показатель физической подготовки снизился у 62%. Текущая тенденция показала необходимость определения причин, снижающих физическое состояние и здоровье специалистов.

В группе критериев «профессиональная подготовка» наблюдалось снижение по критерию знания руководящих документов у 31% исследуемых, что может характеризоваться как усталостью, невнимательностью, так и отсутствием ориентации на результат, заинтересованность в достижении поставленных целей, личную мотивацию. Данная категория исследуемых подлежит особому вниманию в целях своевременного принятия корректирующих мер для повышения качества выполнения поставленных задач.

В свою очередь, у 15% исследуемых увеличились знания по водолазной медицине, у 23% появилась дополнительная водолазная квалификация, у 23% снизился показатель по критерию невыполнения поставленной задачи. Имеющаяся тенденция свидетельствует о наличии группы специалистов, проявляющих высокую мотивацию, заинтересованность в достижении целей, потребность в саморазвитии.

В группе критериев «личностные особенности» отмечено повышение показателя конфликтности у 15% исследуемых, что может негативно сказываться на уровне работы в команде. Наряду с этим прослеживается снижение показателя стрессоустойчивости у 31%, что характеризуется снижением уровня само-

регуляции, сложностями в принятии решений в стрессовой ситуации, неспособностью абстрагироваться в раздражающей обстановке при выполнении задач и сохранять эмоциональную стабильность.

Таким образом, было установлено, что за истекший период у части группы присутствует положительная динамика в области увеличения знаний по водолазной медицине, появились дополнительные водолазные квалификации, поставленные задачи выполняются без замечаний, снижен уровень аварийности. У второй части исследуемой группы наблюдается снижение физической подготовленности и состояния здоровья, что может свидетельствовать о признаках утомления и, как следствие, снижения работоспособности. Прослеживается повышение уровня конфликтности, снижение стрессоустойчивости, что отражается на стабильности уровня профессиональных знаний.

Наблюдаемая динамика подтверждает индивидуальный характер изменений у каждого специалиста и необходимость их периодического изучения и контроля при решении вопросов оценки соответствия должностным обязанностям, назначении на должность, выявлении потребности в своевременном обучении и при психологическом мониторинге.

Заклучение. Исследование профессиональной деятельности водолазов впервые позволило выделить основные группы критериев и разработать методику оценки успешности профессиональной деятельности, в которую вошли общие характеристики (группа здоровья, уровень физической подготовки, наличие дисциплины), профессиональная подготовка (водолазная квалификация, теоретическая и практическая подготовка), психологические характеристики (исполнительность, стрессоустойчивость, коммуникабельность).

Изучение уровня профессиональной деятельности позволило сформировать объективный профессиональный портрет водолазных специалистов, который обеспечил руководящий состав объективной систематизированной информацией о состоянии их профессиональной деятельности. Высокая эффективность и успешность выполнения задач в профессиональной деятельности достигается наличием

у специалистов таких показателей, как высокий уровень физической подготовленности и состояния здоровья. Важными составляющими являются глубокие профессиональные знания в области руководящих документов и водолазной медицины. Преимуществом станет владение необходимыми компетенциями для выполнения водолазных работ, которые предусмотрены программой подготовки для данной квалификации. Существенным компонентом выступает наличие развитых индивидуально-психологических характеристик, таких как достаточный уровень исполнительности, неукоснительное выполнение приказов, высокий уровень мотивации, стрессоустойчивости, саморегуляции, самоконтроля над мыслями и эмоциями, способность к мгновенному принятию решения в критической ситуации.

Наблюдение за динамикой отобранных показателей позволило установить, что под воздействием разнообразных факторов профессиональной деятельности, происходит снижение физической подготовленности, состояния здоровья, стрессоустойчивости, что отражается на стабильности профессиональных знаний и может свидетельствовать о признаках утомления. Однако отмечено, что при личной заинтересованности и мотивации присутствует положительная динамика в области увеличения знаний водолазной медицины, в получении дополнительной водолазной квалификации, поставленные задачи выполняются без замечаний, снижается уровень аварийности.

Представленное исследование имеет практическую ценность в обеспечении руководства информацией об уровне успешности специалиста, о наличии среди водолазов групп резерва, которые могут в дальнейшем быть рекомендованы при выдвижении на вышестоящие должности, а также групп риска среди водолазов, которые нуждаются в дополнительном контроле, повышении уровня квалификации, своевременном принятии кадровых решений и проведении реабилитационных мероприятий.

Проведенное исследование не является всесторонним и исчерпывающим, а скорее открывает возможности для широкого изучения и профессиональной дискуссии.

Сведения об авторах:

Андрийченко Анна Михайловна – лейтенант, начальник группы психологической работы, 198-й Научно-исследовательский центр Министерства обороны Российской Федерации; Россия, 299024, г. Севастополь, ул. Эпроновская, д. 7; SPIN:6466-2341; ORCID: 0000-0001-8052-8718; e-mail: alteya555@gmail.com

Емушинцев Петр Александрович – кандидат медицинских наук, подполковник медицинской службы, начальник 14-го научно-исследовательского отдела, врач (специальной) физиологии 1-го Научно-исследовательского управления; 198-й Научно-исследовательский центр Министерства обороны Российской Федерации; Россия, 299024, г. Севастополь, ул. Эпроновская, д. 7; SPIN 1368-6821; ORCID: 0000-0002-5247-2160; e-mail: petrosus-bs@yandex.ru

Сапожников Кирилл Викторович – кандидат медицинских наук, преподаватель кафедры автоматизации управления медицинской службой с военно-медицинской статистикой, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6, лит. Ж; SPIN 2707-0339; ORCID: 0000-0002-2476-7666; e-mail: marinheira@rambler.ru

Information about the authors:

Anna M. Andriychenko – lieutenant, head of the psychological work group 198th Scientist-research center of the Ministry of defense of the Russian Federation; Russia, 299024, Sevastopol, Epronovskaya Str., 7; SPIN 6466-2341; ORCID: 0000-0001-8052-8718; e-mail: alteya555@gmail.com

Petr A. Emushintsev – Cand. of Sci. (Med.), chief 14th Scientist-research department doctor of special physiology 1st Scientist-research management 198th Scientist-research center of the Ministry of defense of the Russian Federation; Russia, 299024, Sevastopol, Epronovskaya Str., 7; SPIN 1368-6821; ORCID: 0000-0002-5247-2160; e-mail: petrosus-bs@yandex.ru

Kirill V. Sapozhnikov – Cand. of Sci. (Med.), lecturer of the Department automation of medical service management with military medical statistics Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6, Liter Zh; SPIN 2707-0339; ORCID: 0000-0002-2476-7666; e-mail: marinheira@rambler.ru

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Наибольший вклад распределен следующим образом. Концепция и план исследования – А. М. Андрийченко, П. А. Емушинцев; сбор данных – А. М. Андрийченко, П. А. Емушинцев; анализ данных и выводы – А. М. Андрийченко, П. А. Емушинцев, К. В. Сапожников; подготовка рукописи – А. М. Андрийченко, П. А. Емушинцев, К. В. Сапожников.

Author contribution. All authors according to the ICMJE criteria participated in the development of the concept of the article, obtaining and analyzing factual data, writing and editing the text of the article, checking and approving the text of the article.

Special contribution: AMA, PAE contribution to the concept and plan of the study. AMA, PAE contribution to data collection. AMA, PAE, KVS contribution to data analysis and conclusions. AMA, PAE, KVS contribution to the preparation of the manuscript.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. The authors declare that they have no competing interests.

Финансирование: исследование проведено без дополнительного финансирования.

Funding: the study was carried out without additional funding.

Соответствие принципам этики: каждый респондент (испытуемый) дал добровольное согласие на обработку своих персональных данных в ходе проводимого исследования.

Adherence to ethical standards: each respondent (subject) gave voluntary consent to the processing of their personal data in the course of the research.

Поступила/Received: 20.03.2026

Принята к печати/Accepted: 15.09.2026

Опубликована/Published: 30.09.2026

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Котенева А. В., Кокурин А. В., Екимова В. И., Фролова А. А. Прогностическая модель профессиональной успешности водолазов-спасателей // *Психологический журнал*. 2020. Т. 41, № 1. С. 31–44 [Koteneva A. V., Kokurin A. V., Ekimova V. I., Frolova A. A. Prognostic model professional activity success divers-rescue. *Psychological journal*, 2020, Vol. 41, No. 1, pp. 31–44 (In Russ.)]. doi: 10.31857/S020595920007314-1.
2. Васильков А. М. Профессиональный психологический отбор в ВМФ. В сб.: *20 лет функционирования системы профессионального психологического отбора в Вооруженных силах Российской Федерации, итоги и перспективы совершенствования. Материалы военно-научной конференции*. М.: 2014. С. 155–165 [Vasil'kov A. M. Professional psychological selection in the Navy. In: *20 years of the functioning of the system of professional psychological selection in the Armed Forces of the Russian Federation, the results and prospects for improvement. Proceeding of the Military-Scientific Conference*, Moscow, 2014, pp. 155–165 (In Russ.)].
3. Курбанбаев Ш. Э. Исследования по оценке эффективности профессиональной деятельности водолазов-спасателей. *Научный форум: Технические и физико-математические науки*. 2023. № 7 (66). С 4–9 [Kurbanbayev Sh. E. Research on Assessing the Effectiveness of Professional Activities of Rescue Divers. *Scientific Forum: Technical and Physical and Mathematical Sciences*, 2023, No. 7 (66), pp. 4–9 (In Russ.)].

4. Васильков А. М. Теоретические и практические вопросы профессионального отбора в Военно-Морском Флоте. // *Известия Российской военно-медицинской академии*. 2019. Т. 38, №3. С. 19-22 [Vasilkov A. M. Theoretical and Practical Issues of Professional Selection in the Navy. *News of the Russian Military Medical Academy*, 2019, Vol. 38, No. 3, pp 19-22 (In Russ.)]. doi: 10.17816/rmmar26061.
5. Карпов А. В. Понятие профессионально важных качеств деятельности // *Психология труда*. М.: ВЛАДОС-ПРЕСС. 2003 [Karpov A. V. The Concept of Professionally Important Qualities of Activity. *Labor Psychology*. Moscow: VLADOS-PRESS, 2003 (In Russ.)].
6. Шадриков В. Д. Психология деятельности человека. М.: Институт психологии РАН. 2013. С. 212 [Shadrikov V. D. Psychology of human activity. Moscow: Publishing house Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences, 2013, P. 212 (In Russ.)].
7. Зенкова И. Ф. Анализ современных подходов к оценке квалификации на примере специалистов, выполняющих водолазные спуски и подводные работы. *Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства*. 2022. Т. 1, № 66/67. С.92-97 [Zenkova I. F. Analysis of modern approaches to qualification assessment on the example of specialists performing diving dives and underwater works. *Scientific and Technical Collection of the Russian Maritime Register of Shipping*, 2022, Vol. 1, No. 66/67, pp. 92-97 (In Russ.)].
8. Фролова А. А. Профессионально важные качества профессий особого риска в прогнозировании профессиональной успешности. *Материалы XVI Всероссийской научно-практической конференции молодых исследователей образования*. 27 апреля 2017 г. Под. ред. В. В. Рубцова, А. А. Марголиса, Ю. М. Забродина и др. М.: ФГБОУ ВО МГППУ. 2017. Ч. 2. С. 178-180 [Frolova A. A. Professionally important qualities of special risk professions in the prediction of professional success. *Materials of the XVI All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Researchers of Education on April 27, 2017*. Ed. by V. V. Rubtsov, A. A. Margolis, Yu. M. Zabrodin, etc. Moscow: FGBOU VO MGPPU, 2017, Part 2, pp. 178-180 (In Russ.)].
9. Клищ Н. Н. Показатели эффективности и результативности профессиональной служебной деятельности государственных гражданских служащих. *Государственная служба*. 2007. № 3. С.67-74 [Klishch N.N. Indicators of efficiency and effectiveness of professional official activity of state civil servants. *Journal Civil Service*, 2007, No. 3, pp.67-74 (In Russ.)].
10. Honkasalo A. Finnish divers' view of occupational risks and risk taking. *Applied Ergonomics*, 1992, Vol. 23, Issue 3, pp. 202-206. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(92\)90226-L](https://doi.org/10.1016/0003-6870(92)90226-L).
11. Irgens Å., et al. Diving exposure and health effects in divers working in different areas of professional diving. *International maritime health*, 2016, Vol. 67, Issue 4, pp. 235-242. doi: 10.5603/IMH.2016.0042.
12. Carey T., Gallagher J., Greiner B. A. Post-traumatic stress and coping factors among search and recovery divers. *Occupational medicine*, 2013, Vol. 64, Issue 1, pp. 31-33. doi: 10.1093/occmed/kqt125.
13. Романов С. В., Клищ Н. Н., Решетникова Д. С. Опыт разработки системы показателей результативности деятельности гражданских служащих в Минфине России // *Финансовый журнал*. 2015. № 6. С. 5-16 [Romanov S. V., Klishch N. N., Reshetnikova D. S. The experience of developing a system of performance indicators for civil servants in the Ministry of Finance of Russia. *Financial Journal*, 2015, № 6, pp. 5-16 (In Russ.)].

ОПИОИДНЫЕ ПЕПТИДЫ В ПАТОГЕНЕЗЕ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКИХ СТРЕССОВЫХ РАССТРОЙСТВ: ПЕРСПЕКТИВНОЕ КОГОРТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ЭТАПОМ НА ЖИВОТНЫХ

Ю. Н. Закревский, В. Н. Цыган, Н. В. Макеев*, А. Д. Кауфман, А. Х. Узденова
Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

ЦЕЛЬ. Определение роли опиоидных пептидов в патогенезе посттравматических стрессовых расстройств (ПТСР) у военнослужащих, подвергшихся воздействию хронического боевого стресса.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В исследовании приняли участие 143 советских и 16 афганских военнослужащих в период боевых действий в Афганистане. Проводилось комплексное клинико-физиологическое обследование, включая психофизиологическое тестирование и определение уровня опиоидных пептидов (β -эндорфина и мет-энкефалина) в спинномозговой жидкости. Экспериментальная часть исследования на 525 крысах-самцах моделировала внутривидовое взаимодействие в тесте «чужак — резидент» с введением спинномозговой жидкости обследованных военнослужащих.

РЕЗУЛЬТАТЫ. У военнослужащих в условиях боевых действий выявлено достоверное повышение концентрации β -эндорфина (168 ± 21 пг/мл) и мет-энкефалина ($306 \pm 25,6$ пг/мл) в спинномозговой жидкости по сравнению с контрольной группой ($77 \pm 4,5$ пг/мл и $163 \pm 13,4$ пг/мл соответственно). Обнаружены нарушения межполушарных взаимодействий головного мозга по данным ЭЭГ. Введение крысам спинномозговой жидкости от лиц, находившихся в экстремальных условиях, вызывало достоверные изменения поведения: снижение общей поведенческой активности и агрессии, повышение общительности и защитных реакций. Данные изменения нивелировались введением антагониста опиоидных рецепторов — налоксона. Установлено, что хроническое психоэмоциональное напряжение в экстремальных условиях приводит к активации эндогенной опиоидной системы, которая сопровождается нарушением межполушарных отношений и формированием измененного поведенческого профиля, сохраняющегося в течение нескольких лет после прекращения воздействия стресса.

ОБСУЖДЕНИЕ. Полученные данные свидетельствуют о ключевой роли дисфункции эндогенной опиоидной системы в патогенезе ПТСР. Хронический боевой стресс вызывает стойкое повышение уровня β -эндорфина и мет-энкефалина в спинномозговой жидкости, что первоначально носит адаптивный характер, однако в дальнейшем приводит к нарушению межполушарного взаимодействия и формированию функционального доминирования правого полушария. После прекращения стрессового воздействия активность опиоидной системы не нормализуется: развивается состояние, напоминающее «внутреннюю опиоидную абстиненцию», что объясняет хронизацию симптоматики ПТСР. Экспериментальное введение спинномозговой жидкости от обследованных военнослужащих крысам вызывало характерные поведенческие изменения, полностью нивелируемые налоксоном, что доказывает опиоидзависимый характер выявленных нарушений и позволяет рассматривать опиоидную систему в качестве перспективной мишени для терапевтического воздействия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Экспериментально доказан опиоидзависимый характер поведенческих изменений, который подтверждает центральную роль дисфункции опиоидной системы в патогенезе ПТСР. Обнаруженные нарушения сохраняются в течение нескольких лет после прекращения стрессового воздействия, обуславливая хроническое течение расстройства. Полученные результаты открывают перспективы разработки патогенетически обоснованных методов терапии, направленных на модуляцию активности опиоидной системы и коррекцию межполушарной дисфункции.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, опиоидные пептиды, посттравматическое стрессовое расстройство, боевой стресс, β -эндорфин, мет-энкефалин, межполушарная асимметрия, налоксон

*Для корреспонденции: Макеев Никита Вячеславович, e-mail: pph.science@yandex.ru

*For correspondence: Nikita V. Makeev, e-mail: pph.science@yandex.ru

Для цитирования: Закревский Ю. Н., Цыган В. Н., Makeev Н. В., Kaufman А. Д., Узденова А. Х. Опиоидные пептиды в патогенезе посттравматических стрессовых расстройств: перспективное когортное исследование с параллельным экспериментальным этапом на животных // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 3. С. 89–94, <https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-89-94>; EDN: <https://elibrary.ru/OHMDKV>

For citation: Zakrevsky Yu. N., Tsygan V. N., Makeev N. V., Kaufman A. D., Uzdenova A. Kh. Opioid peptides in pathogenesis of posttraumatic stress disorder: prospective cohort study with parallel pilot phase on animal // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 3. P. 89–94, <https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-89-94>; EDN: <https://elibrary.ru/OHMDKV>

OPIOID PEPTIDES IN PATHOGENESIS OF POSTTRAUMATIC STRESS DISORDER: PROSPECTIVE COHORT STUDY WITH PARALLEL PILOT PHASE ON ANIMAL

Yuri N. Zakrevskiy, Vasily N. Tsygan, Nikita V. Makeev, Anastasia D. Kaufman, Aminat Kh. Uzdenova*

Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

OBJECTIVE. Determine the role of opioid peptides in the pathogenesis of post-traumatic stress disorder (PTSD) in military personnel exposed to chronic combat stress.

MATERIALS AND METHODS. The study involved 143 Soviet and 16 Afghan military personnel during combat operations in Afghanistan. A comprehensive clinical and physiological examination was conducted, including psychophysiological testing and determination of opioid peptide levels (β -endorphin and met-enkephalin) in the cerebrospinal fluid. The experimental part of the study, using 525 male rats, simulated intraspecies interactions in the “intruder-resident” test by injecting the cerebrospinal fluid of the examined servicemen.

RESULTS. In military personnel exposed to combat conditions, a significant increase in β -endorphin (168 ± 21 pg/ml) and met-enkephalin (306 ± 25.6 pg/ml) concentrations in the cerebrospinal fluid was observed compared to the control group (77 ± 4.5 pg/ml and 163 ± 13.4 pg/ml, respectively). Impaired interhemispheric brain interactions were detected based on EEG data. Administration of cerebrospinal fluid from individuals exposed to extreme conditions to rats caused significant behavioral changes: a decrease in overall behavioral activity and aggression, and an increase in sociability and defensive reactions. These changes were mitigated by the administration of the opioid receptor antagonist naloxone. It has been established that chronic psycho-emotional stress in extreme conditions leads to the activation of the endogenous opioid system, which is accompanied by a disruption of interhemispheric relations and the formation of an altered behavioral profile that persists for several years after the cessation of exposure to stress.

DISCUSSION. The findings suggest a key role for dysfunction of the endogenous opioid system in the pathogenesis of PTSD. Chronic combat stress causes persistent increases in β -endorphin and met-enkephalin levels in the cerebrospinal fluid, which is initially adaptive but subsequently leads to disruption of interhemispheric communication and the development of right-hemisphere functional dominance. After stressful event ceases, opioid system activity fails to normalize: a state resembling “internal opioid withdrawal” develops, explaining the chronicity of PTSD symptoms. Experimental administration of cerebrospinal fluid from the examined military personnel to rats induced characteristic behavioral changes that were completely reversed by naloxone, demonstrating the opioid-dependent nature of the identified disorders and suggesting the opioid system as a promising target for therapeutic intervention.

CONCLUSION. The opioid-dependent nature of behavioral changes has been experimentally demonstrated, confirming the central role of opioid system dysfunction in the pathogenesis of PTSD. The observed disturbances persist for several years after the cessation of stress exposure, causing the chronic course of the disorder. These findings open up prospects for the development of pathogenetically based therapy aimed at modulating opioid system activity and correcting interhemispheric dysfunction.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, opioid peptides, post-traumatic stress disorder, combat stress, β -endorphin,

met-enkephalin, interhemispheric asymmetry, naloxone

Введение. Проблема исследования механизмов развития посттравматических стрессовых расстройств (ПТСР) сохраняет высокую актуальность в связи с многочисленными техногенными, природными катастрофами и участием военнослужащих в локальных военных конфликтах. Синдром, возникающий после участия в боевых действиях, может рассматриваться как относительно стереотипный по этиологическим факторам. Участие в боевых

действиях выходит за рамки обычного опыта и является в высшей степени травмирующим практически для каждого человека. Современные исследования показывают, что в основе ПТСР лежит сложный комплекс нейробиологических нарушений, включая дисфункцию гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой и эндогенной опиоидной систем [1]. Эндогенные опиоидные пептиды рассматриваются как ведущий компонент антистрессорной системы организма. В частности, опиоидные пепти-

ды подавляют синтез адренокортикотропного гормона (АКТГ), глюкокортикоидов и катехоламинов при стрессе, уменьшают тяжесть постстрессорных нарушений [2]. Вместе с тем имеются данные, позволяющие рассматривать большинство симптомов ПТСР как результат внутренней опиоидной абстиненции.

Цель. Определение возможной роли опиоидных пептидов в патогенезе посттравматических стрессовых расстройств.

Материалы и методы. Исследование выполнено в формате перспективного когортного исследования с включением экспериментальной части на животных. Клиническая когорта состояла из 143 военнослужащих Советской Армии и 16 афганских военнослужащих, обследованных в летне-осенний период 1982 г. в условиях Афганистана. Группу сравнения составили 20 военнослужащих — ветеранов войны в Афганистане, проходящих службу в России. В рамках клинического обследования применяли комплекс методов, включавший психологическое тестирование по стандартизованному методу исследования личности (СМИЛ), электроэнцефалографию с анализом пространственно-временной структуры интракортикального взаимодействия и оценкой межполушарного баланса, а также определение уровня β -эндорфина и мет-энкефалина в спинномозговой жидкости методом иммуноферментного анализа. Экспериментальный блок исследования проведен на 525 беспородных белых крысах-самцах с использованием теста «чужак — резидент» для анализа внутривидового взаимодействия. Крысам-реципиентам осуществляли инъекции спинномозговой жидкости обследованных военнослужащих в объеме 20 мкл в большую затылочную цистерну (cisterna magna). В части экспериментов применяли антагонист опиоидных рецепторов — налоксон — в дозе 0,2 мг/кг для верификации опиоидзависимых эффектов.

Результаты. Проведенное исследование выявило комплексные изменения в психофизиологическом статусе военнослужащих, подвергавшихся хроническому боевому стрессу [3]. При психологическом тестировании по методике СМИЛ у военнослужащих, непосредственно участвующих в боевых действиях, обнаружены достоверные различия по семи из десяти основных шкал по сравнению с нормативными показателями. Наиболее выраженные отклонения

отмечались по шкалам «Сверхконтроль», «Депрессия», «Истерия», «Тревожность» и «Индивидуалистичность», что свидетельствует о формировании специфического психологического профиля, характеризующегося повышенным самоконтролем, эмоциональной напряженностью, тревожностью и социальной отчужденностью. Интересно отметить, что у военнослужащих, получивших ранения, наблюдалась тенденция к нормализации психологического профиля, что, по-видимому, связано с феноменом, описанным еще Г. К. Бехером — восприятием ранения как избавления от смертельной опасности боевой обстановки.

Нейрофизиологические исследования выявили значительные нарушения в межполушарных связях. Анализ пространственно-временной структуры интракортикального взаимодействия показал уменьшение связей между теменными и лобными долями головного мозга, а также формирование отрицательного межполушарного баланса, обусловленного недостаточной активацией субдоминантного полушария [4]. Эти данные коррелируют с наблюдениями Н. В. Тарабриной о более тяжелом течении ПТСР у лиц с доминированием правого полушария, а также с работами Г. Н. Крыжановского, Е. И. Чазова и Н. П. Бехтеревой, демонстрирующими влияние эндогенных опиоидов на функциональную асимметрию мозга.

Особый интерес представляют результаты биохимических исследований, показавшие значительное повышение концентрации опиоидных пептидов в спинномозговой жидкости у военнослужащих в условиях боевых действий. Уровень β -эндорфина возрастал с $77 \pm 4,5$ пг/мл в контрольной группе до 168 ± 21 пг/мл, а мет-энкефалина — с $163 \pm 13,4$ до $306 \pm 25,6$ пг/мл. Эти данные подтверждают гипотезу об активации эндогенной опиоидной системы при хроническом стрессе и согласуются с концепцией, рассматривающей симптомы ПТСР как проявление внутренней опиоидной абстиненции.

Экспериментальная часть исследования на крысах продемонстрировала транслируемость выявленных нарушений. Введение спинномозговой жидкости от лиц, находившихся в экстремальных условиях (СМЖ-Э), вызывало статистически значимые изменения поведения: снижение общего количества поведенческих актов, уменьшение уровня агрессии

при одновременном повышении общительности и усилении защитных реакций. Важным доказательством опиоидзависимой природы этих изменений служит их нивелирование при предварительном введении антагониста опиоидных рецепторов — налоксона [5].

Обсуждение. Полученные результаты позволяют предложить комплексную модель патогенеза ПТСР, учитывающую как психологические, так и нейробиологические аспекты. Хронический боевой стресс приводит к активации эндогенной опиоидной системы, что первоначально выполняет адаптивную функцию, снижая психоэмоциональное напряжение и болевую чувствительность. Однако длительная гиперстимуляция этой системы вызывает компенсаторные изменения, включая нарушение межполушарных взаимодействий и формирование функционального доминирования правого полушария, связанного с обработкой негативных эмоций [6]. Последующее снижение активности опиоидной системы после выхода из экстремальной ситуации приводит к развитию абстинентного синдрома, проявляющегося симптомами ПТСР.

Полученные данные хорошо согласуются с историческими наблюдениями, описанными еще И. П. Павловым, и современными эпидемиологическими исследованиями, показывающими высокую распространенность ПТСР среди участников боевых действий [7]. Выявленные нейрохимические и нейрофизиологические изменения сохраняются в течение нескольких лет после прекращения воздействия стресс-факторов, что объясняет хронический характер течения ПТСР и трудности его терапии.

Перспективным направлением для дальнейших исследований представляется изучение возможности коррекции выявленных нарушений с помощью модуляторов опиоидной системы [2], а также разработка комплексных методов реабилитации, учитывающих как психологические, так и нейробиологические аспекты патогенеза ПТСР.

Заключение. Проведенное комплексное исследование позволило установить, что у воен-

нослужащих, подвергающихся хроническому боевому стрессу, формируется специфический психологический профиль, характеризующийся достоверными изменениями по шкалам СМИЛ «Сверхконтроль», «Депрессия», «Истерия», «Тревожность» и «Индивидуалистичность», который отражает состояние хронической психоэмоциональной дезадаптации [8]. Нейрофизиологические исследования выявили значительные нарушения межполушарного взаимодействия в виде уменьшения связей между теменными и лобными долями головного мозга и формированием отрицательного межполушарного баланса, что коррелирует с тяжестью клинических проявлений ПТСР. Биохимические исследования подтвердили гипотезу об активации эндогенной опиоидной системы при хроническом стрессе, продемонстрировав достоверное повышение концентрации β -эндорфина в 2,2 раза и мет-энкефалина в 1,9 раза в спинномозговой жидкости военнослужащих в условиях боевых действий. Экспериментальные исследования на крысах доказали опиоидзависимый характер выявленных нарушений, показав, что введение спинномозговой жидкости от лиц, находившихся в экстремальных условиях, вызывает характерные поведенческие изменения, нивелируемые антагонистом опиоидных рецепторов — налоксоном. На основании полученных данных разработана комплексная модель патогенеза ПТСР, согласно которой хронический стресс вызывает первоначальную активацию опиоидной системы с последующим развитием компенсаторных изменений и формированием абстинентного синдрома после прекращения действия стресс-факторов. Установлено, что выявленные нейрохимические и нейрофизиологические изменения сохраняются в течение нескольких лет после выхода из экстремальной ситуации, что объясняет хронический характер течения ПТСР и определяет необходимость длительной реабилитации. Полученные данные открывают перспективы для разработки новых патогенетически обоснованных методов терапии и профилактики ПТСР, направленных на коррекцию нарушений в опиоидной системе и восстановление нормального

межполушарного взаимодействия [2].

Сведения об авторах

Закревский Юрий Николаевич — доктор медицинских наук, начальник кафедры нормальной физиологии, Военно-медицин-

ская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0003-4195-273X; SPIN: 6283-8010; e-mail: zakrev.sever@bk.ru

Цыган Василий Николаевич — доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры патологической физиологии, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0003-1199-0911; SPIN: 7215-6206; e-mail: pph.science@yandex.ru

Макеев Никита Вячеславович — преподаватель кафедры патологической физиологии, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0009-0002-9570-3616; SPIN: 6706-0758; e-mail: pph.science@yandex.ru

Кауфман Анастасия Дмитриевна — преподаватель кафедры патологической физиологии, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0009-0005-6556-5875; SPIN: 8311-5710; e-mail: nastya.dubovikova@gmail.ru

Узденова Аминат Хамзатовна — преподаватель кафедры патологической физиологии, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0009-0008-9227-4573; SPIN: 5819-7875; e-mail: pph.science@yandex.ru

Information about the authors

Yuri N. Zakrevskiy — Dr. of Sci. (Med.), Head of the Department of Normal Physiology, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0000-0003-4195-273X; SPIN: 6283-8010; e-mail: Zakrev.sever@bk.ru

Vasily N. Tsygan — Dr. of Sci. (Med.), Professor, Professor of the Department of Pathological Physiology, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0000-0003-1199-0911; SPIN: 7215-6206; e-mail: pph.science@yandex.ru

Nikita V. Makeev — Lecturer of the Department of Pathological Physiology, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0009-0002-9570-3616; SPIN: 6706-0758; e-mail: pph.science@yandex.ru

Anastasia D. Kaufman — Lecturer of the Department of Pathological Physiology, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0009-0005-6556-5875; SPIN: 8311-5710; e-mail: nastya.dubovikova@gmail.ru

Aminat Kh. Uzenova — Lecturer of the Department of Pathological Physiology, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0009-0008-9227-4573; SPIN: 5819-7875; e-mail: pph.science@yandex.ru

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция и план исследования — Н. В. Макеев, В. Н. Цыган; сбор и обработка данных — А. Д. Кауфман, Ю. Н. Закревский; подготовка рукописи — А. Х. Узденова, Н. В. Макеев, А. Д. Кауфман.

Authors' contributions. All authors confirm their authorship according to the international criteria of the ICMJE (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Special contribution: NVM, VNTs the concept and research plan. ADK, YuNZ collection and processing of data. AKhU, NBM, ADK preparation of the manuscript.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. The authors declare that they have no competing interests.

Финансирование: исследование проведено без дополнительного финансирования.

Funding: the study was carried out without additional funding.

Поступила/Received: 23.05.2026

Принята к печати/Accepted: 15.09.2026

Опубликована/Published: 30.09.2026

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Колов С. А., Шейченко Е. Ю. Нейрогормональные особенности тяжелых стрессовых реакций на модели боевого посттравматического стрессового расстройства // *Сибирский вестник психиатрии и наркологии*. 2010. № 3(60). С. 13–16 [Kolov S. A., Sheichenko E. Yu. Neurohormonal features of severe stress reactions in a model of combat post-traumatic stress disorder. *Siberian Bulletin of Psychiatry and Narcology*, 2010, No. 3(60), pp. 13–16 (In Russ.)].
2. Буркин М. М., Овсянников М. В. Фармакологическая коррекция опиоидной системы при стрессорных расстройствах // *Экспериментальная и клиническая фармакология*. 2010. Т. 73, № 4. С. 35–39 [Burkin M. M., Ovsyannikov M. V. Pharmacological correction of the opioid system in stress disorders. *Experimental and clinical pharmacology*, 2010, Vol. 73, No. 4, pp. 35–39 (In Russ.)].
3. Горев К. А., Дукуль А. В. История изучения посттравматического стрессового расстройства // *Материалы X итоговой и I межрегиональной научно-практической конференции научного общества молодых ученых, инноваторов и студентов (НОМУИС) с международным участием (Барнаул, 21–23 мая 2025 года)*. Scientist (Russia). 2025. № 4(31). С. 63–67 [Gorev K. A., Dukul A. V. History of the study of post-traumatic stress disorder. *Proceedings of the X Final and I Interregional Scientific and Practical Conference of the Scientific Society of Young Scientists, Innovators and Students (NOSIS) with international participation (Barnaul, May 21–23, 2025)*. Scientist (Russia), 2025, No. 4(31), pp. 63–67 (In Russ.)].
4. Цыган В. Н., Гурская О. Е. Нейрофизиологические механизмы боевых постэкстремальных состояний // *Клини-*

- ческая патофизиология. 2023. Т. 29, № 2. С. 51–60 [Tsygan V. N., Gurskaya O. E. Neurophysiological mechanisms of combat post-extreme conditions. *Clinical pathophysiology*, 2023, Vol. 29, No. 2, pp. 51–60 (In Russ.)].
5. Парин С. Б., Чернова М. А., Полевая С. А. Адаптивное управление сигналами о рассогласовании в когнитивных процессах: роль эндогенной опиоидной системы // *Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика*. 2011. Т. 19, № 6. С. 65–74 [Parin S. B., Chernova M. A., Polevaya S. A. Adaptive management of mismatch signals in cognitive processes: the role of the endogenous opioid system. *News of higher educational institutions. Applied nonlinear dynamics*, 2011, Vol. 19, No. 6, pp. 65–74 (In Russ.)]. doi: 10.18500/0869-6632-2011-19-6-65-74.
 6. Иванов Л. И., Петров В. К. Межполушарная асимметрия и электроэнцефалографические корреляты стресса // *Журнал высшей нервной деятельности*. 2005. Т. 55, № 3. С. 345–352 [Ivanov L. I., Petrov V. K. Interhemispheric asymmetry and electroencephalographic correlates of stress. *Journal of Higher Nervous Activity*, 2005, Vol. 55, No. 3, pp. 345–352 (In Russ.)].
 7. Гурская О. Е., Ивченко Е. В., Кабанов М. Ю. и др. Активность регуляторных структур мозга при боевой травме и травме мирного времени // *Вестник СурГУ. Медицина*. 2024. Т. 17, № 1. С. 73–81 [Gurskaya O. E., Ivchenko E. V., Kabanov M. Yu., et al. Activity of regulatory brain structures in combat trauma and peacetime trauma. *Bulletin of SurGU. Medicine*, 2024, Vol. 17, No. 1, pp. 73–81 (In Russ.)]. doi: 10.35266/2949-3447-2024-1-11.
 8. Марченко А. А., Гончаренко А. Ю., Краснов А. А., Лобачев А. В. Особенности диагностики невротических расстройств у военнослужащих // *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. 2015. № 1(49). С. 48–53 [Marchenko A. A., Goncharenko A. Yu., Krasnov A. A., Lobachev A. V. Features of diagnostics of neurotic disorders in military personnel. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*, 2015, No. 1(49), pp. 48–53 (In Russ.)].

ОСОБЕННОСТИ МЕДИКО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ОПЕРАТОРСКОГО ПРОФИЛЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ: РЕТРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Л. О. Марченко, С. Н. Левич, Е. О. Филиппова, И. И. Дорофеев*, А. Г. Колосова, А. Б. Мулик

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

ЦЕЛЬ. Оценить эффективность мероприятий медико-психологического сопровождения специалистов операторского профиля деятельности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Исследована группа специалистов операторского профиля численностью 150 человек в возрасте от 20 до 35 лет. Психофизиологические показатели были оценены с помощью комплекса методик, направленных на определение необходимости проведения мероприятий по медико-психологическому сопровождению.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Для изучения психологических особенностей операторов по результатам выполнения теста «Прокладывание пути» они были разделены на две группы: 1-я группа — с высоким качеством исполнительного функционирования; 2-я группа — с низким уровнем исполнительного функционирования. Были выявлены статистически достоверные межгрупповые различия. Операторы 1-й группы имели более высокий уровень развития оперативной памяти, восприятия и переработки знаковой и пространственной информации, переключения, распределения, продуктивности и устойчивости внимания, скорости переработки зрительной информации, высокий уровень помехоустойчивости по сравнению со 2-й группой. Также в 1-й группе выявлены достоверно более высокие экспертные оценки работоспособности, мотивации и качеств внимания.

ОБСУЖДЕНИЕ. В ходе исследования определен перечень методик и сделана апробация предложенного комплекса физиологических и психофизиологических методов. Данный комплекс позволил оценить актуальное психическое состояние, своевременно выявить признаки переутомления или другие нарушения функционального самочувствия, а также провести мероприятия, направленные на его коррекцию и восстановление. Экспериментально доказаны его валидность и надежность при определении показателей психомоторики, внимания и мышления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Предложенный комплекс методик позволяет определить уровни физиологических резервов, функционирования психомоторики, внимания и мышления, особенности поведения и деятельности. Данные методики обеспечивают дифференцированный подход к оценке познавательных психических процессов, скорости зрительно-моторных реакций, работоспособности и надежности действий, обладая достаточной прогностической валидностью и надежностью.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, медико-психологическое сопровождение, специалисты операторского профиля деятельности, психологические и психофизиологические методы, резервные возможности

*Для корреспонденции: Дорофеев Иван Иванович, e-mail: vmeda_37@mail.ru

*For correspondence: Ivan I. Dorofeev, e-mail: vmeda_37@mail.ru

Для цитирования: Марченко Л. О., Левич С. Н., Филиппова Е. О., Дорофеев И. И., Колосова А. Г., А. Б. Мулик Особенности медико-психологического сопровождения специалистов операторского профиля деятельности: ретроспективное исследование // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 3. С. 95–102, <https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-95-102>; EDN: <https://elibrary.ru/BGDXAE>

For citation: Marchenko L. O., Levich S. N., Filippova E. O., Dorofeev I. I., Kolosova A. G., Mulik A. B. Specifics of medical and psychological support for operator specialists: retrospective study // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 3. P. 95–102, <https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-95-102>; EDN: <https://elibrary.ru/BGDXAE>

SPECIFICS OF MEDICAL AND PSYCHOLOGICAL SUPPORT FOR OPERATOR SPECIALISTS: RETROSPECTIVE STUDY

Larisa O. Marchenko, Svetlana N. Levich, Elena O. Filippova, Ivan I. Dorofeev, Anastasia G. Kolosova, Aleksandr B. Mulik*

Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

OBJECTIVE. To evaluate the efficacy of medical and psychological support measures for specialists in the operator profile of activities.

MATERIALS AND METHODS. A group of 150 operator specialists aged 20 to 35 years was studied. Psychophysiological indicators were assessed using a set of methods aimed at determining the need for medical and psychological support measures.

RESULTS. To study the psychological characteristics of operators based on their performance on the “Pathfinding” test, they were divided into two groups: Group 1 — with high executive functioning; Group 2 — with low executive functioning. Statistically significant intergroup differences were found. Operators in Group 1 had higher levels of working memory, perception and processing of symbolic and spatial information, switching, distribution, productivity and stability of attention, speed of visual information processing, and a high level of noise immunity compared to Group 2. Also, Group 1 had significantly higher expert assessments of performance, motivation, and attentional skills.

DISCUSSION. The study identified a set of methods and tested a proposed set of physiological and psychophysiological methods. This set allowed for an assessment of the current mental state, the timely detection of signs of fatigue or other functional impairments, and the implementation of measures aimed at their correction and restoration. Its validity and reliability in assessing psychomotor, attention, and thinking indicators were experimentally proven.

CONCLUSION. The proposed set of methods allows to determine physiological reserves, psychomotor functioning, attention and thinking and behavioral and activity characteristics. These methods provide a differentiated approach to assessing cognitive mental processes, visual-motor reaction speed, performance, and reliability of actions, having sufficient predictive validity and reliability.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, medical and psychological support, specialists in the operator profile of activities, psychological and psychophysiological methods, reserve capabilities

Введение. Система медико-психологического сопровождения является важным направлением сохранения, восстановления и повышения надежности профессиональной деятельности специалистов операторского профиля. Мероприятия медико-психологического сопровождения являются частью единой системы обеспечения надежности деятельности операторов, основанной на системно-функциональном подходе [1, 2]. Этот подход предполагает медико-психологическое сопровождение на всех основных этапах профессиональной деятельности специалистов операторского профиля деятельности, включая отбор, обучение, переподготовку и распределение на должность.

Усложнение содержания и структуры профессиональной деятельности специалиста операторского профиля деятельности ведет к повышенным требованиям к профессионально важным качествам, включающим индивидуальные личностные качества и психофизиологическое состояние. Оператор должен быть готов к воздействию различных стресс-факторов, связанных с внешними и внутренними показателями быстро меняющейся оперативной обстановки. Различные режимы профессиональ-

ной деятельности и неблагоприятные условия обитаемости (высокая или низкая температура, концентрация токсических веществ, деятельность при ограниченной видимости, состояние утомления и т. д.) предъявляют повышенные требования к состоянию здоровья и индивидуальным личностным особенностям специалистов операторского профиля деятельности [1, 2].

Ряд исследователей отмечают, что профессиональная деятельность оператора связана с воздействием различных стресс-факторов, которые приводят к нарушениям адаптационно-приспособительных механизмов. Постоянная мобилизация физических и эмоциональных адаптационных элементов в условиях профессионального стресса вызывает развитие психологической дезадаптации, что рассматривается как фактор снижения надежности деятельности [3]. Основными направлениями мероприятий медико-психологического сопровождения являются: своевременная диагностика нарушений функционального состояния и работоспособности; повышение резервных возможностей организма; снижение влияния на организм факторов риска различных заболеваний; восстановление профессионального здоровья [4,

5]. В настоящее время большое внимание уделяется психологической готовности операторов к выполнению профессиональной деятельности, соответственно важным является постоянный мониторинг функционального состояния операторов с целью своевременного выявления и коррекции возникающих дезадаптивных нарушений, влияющих на надежность и эффективность профессиональной деятельности [6].

Цель. Оценить эффективность мероприятий медико-психологического сопровождения специалистов операторского профиля деятельности.

Материалы и методы. Исследована группа специалистов операторского профиля деятельности численностью 150 человек в возрасте от 20 до 35 лет. Психофизиологические показатели оценивали с помощью комплекса методик, направленных на определение необходимости проведения мероприятий по медико-психологическому сопровождению.

Анализировали объем внимания, скорость визуального поиска и обработки информации, гибкость мышления и качество исполнительного функционирования с помощью методики «Прокладывание пути» (TMT — Trail Making Test) в формах А и В [7]. Скорость распознавания и обработки знаковой информации оценивалась с помощью формы А, функции переключения и распределения внимания — с помощью формы В. По суммарному времени выполнения обеих форм были выделены три уровня функционального состояния когнитивных процессов, скорости поиска и обработки информации: низкий (> 158 сек); средний (69–157 сек); высокий (< 68 сек). Низкие показатели выполнения теста указывают на возможные нарушения функционального состояния операторов, которые отражают последствия употребления психоактивных веществ и алкоголя, а также развитие стресс-ассоциированных психических нарушений [8, 9].

Уровень переутомления оценивали с применением «Айовской шкалы утомляемости» (IFS — IOWA) [10]. Методика включала 11 утверждений, каждое из которых оценивали от 1 до 5 баллов. Выполнение методики занимает 5 мин. Интегральным показателем методики является общая шкала переутомления и подшкалы: когнитивные функции, усталость, энергичность, продуктивность. По результатам выполнения выделяют 3 уровня утомления: отсутствие признаков утомления (11–29 баллов);

отдельные признаки утомления (30–39 баллов); выраженные признаки утомления (40–55 баллов). Применение «Айовской шкалы утомляемости» связано с тем, что субъективные показатели утомления являются более чувствительными, а субъективные сдвиги опережают объективные изменения в формировании соответствующих поведенческих паттернов. Кроме того, психофизиологические показатели являются неспецифическими и не всегда позволяют адекватно дифференцировать психическое состояние [11].

Для оценки резервных возможностей сердечно-сосудистой и дыхательной систем применяли пробу Штанге (с задержкой дыхания на вдохе) и пробу Генча (с задержкой дыхания на выдохе). Далее рассчитывали индекс Богомазова. Полученные значения резервных возможностей сердечно-сосудистой и дыхательной систем оценивали в соответствии со следующими критериями: неудовлетворительный уровень (< 56 баллов), пограничный уровень (57–95 баллов), удовлетворительный уровень (> 96 баллов) [12].

Для оценки уровня функционирования психомоторики и внимания использовали следующие показатели: уровень развития пространственного мышления (методика «Координаты»); переключение и распределение внимания (методика «Черно-красные таблицы»); устойчивость внимания, скорость переработки зрительной информации, работоспособность и устойчивость к монотонии (методика «Кольца Ландольта»); особенности оперативной памяти при одновременном восприятии и переработке знаковой и пространственной информации (методика «Маршрут»); скорость сложной зрительно-сенсомоторной реакции с выбором и помехоустойчивость (методика «Сложная сенсомоторная реакция» — ССМР) [13].

Для определения эффективности учебно-боевой деятельности использовали экспертные оценки (по 5-балльной шкале) по следующим параметрам: работоспособность, мотивированность, стрессоустойчивость, дисциплинированность, надежность деятельности [14]. В качестве экспертов выступали руководители подразделений.

Статистическую обработку результатов проводили с помощью статистического пакета SPSS 17.0. Распределение полученных данных было нормальным, что позволило использовать

методы параметрической статистики и t -критерий Стьюдента.

Результаты. Для исследования психологических особенностей операторов, необходимых для определения потребности в проведении мероприятий медико-психологического сопровождения, по результатам выполнения теста «Прокладывание пути» (форма А), обследуемая выборка была разделена на две группы: 1-я группа — с высоким качеством исполнительного функционирования (справились с заданием менее чем за 18 сек; $n = 47$); 2-я группа — с низким уровнем исполнительного функционирования (время выполнения задания более 31 сек; $n = 35$). Данные сравнительного анализа представлены в табл. 1.

В процессе исследования были выявлены статистически достоверные различия по ряду психологических показателей и экспертным оценкам. Операторы 1-й группы имеют статистически значимо более высокий уровень развития оперативной памяти, восприятия и переработки знаковой и пространственной информации (методика «Маршрут»; $p \leq 0,05$), переключения и распределения внимания (методика «Черно-красные таблицы»; $p \leq 0,05$), продуктивности и устойчивости внимания, скорости переработки зрительной информации (методика «Кольца

Ландольта»; $p \leq 0,05$), а также высокий уровень зрительно-моторной реакции и помехоустойчивости (методика ССМР; $p \leq 0,05$) по сравнению со 2-й группой, что отражает более высокий уровень работоспособности и устойчивости к монотонии у операторов с более высоким уровнем исполнительного функционирования. В данной группе выявлены статистически достоверно более высокие экспертные оценки работоспособности ($p \leq 0,05$), мотивации ($p \leq 0,05$) и качества внимания ($p \leq 0,05$).

Далее операторов с высокими и низкими показателями выполнения методики «Прокладывание пути» (форма В) поделили на две группы: 1-я группа — с высоким уровнем переключения внимания (выполнившие методику менее чем за 37 сек; $n = 45$), 2-я группа — с низкой переключаемостью внимания (время выполнения более 90 сек; $n = 31$). Данные представлены в табл. 2.

Из табл. 2 следует, что в 1-й группе, по сравнению с показателями во 2-й группе, выявлены статистически более высокие экспертные оценки по дисциплинированности ($p \leq 0,05$) и надежности деятельности ($p \leq 0,05$), более низкий уровень астении и утомления, более высокие показатели когнитивных функций, энергичности и продуктивности («Айовская шкала утом-

Таблица 1

Сравнительный анализ психофизиологических и психологических показателей в группах с высокой и низкой эффективностью деятельности: методика «Прокладывание пути» (форма А)

Table 1

Comparative analysis of psychophysiological and psychological indicators in groups with high and low performance: "Paving the Way method" (Form A)

Показатель	Описательная статистика ($M \pm \sigma$)		t	$p \leq$
	1-я группа	2-я группа		
Продуктивность, методика «Координаты», балл	15,4 $\pm$ 6,6	12,8 $\pm$ 7,2	1,71	0,1
Продуктивность, методика «Маршрут», балл	19,2 $\pm$ 5,7	11,7 $\pm$ 6,9	-2,17	0,05
Продуктивность, методика «Черно-красные таблицы», балл	34,6 $\pm$ 4,94	29,1 $\pm$ 4,2	2,07	0,05
Продуктивность, методика ССМР, балл	276,6 $\pm$ 42,8	250,6 $\pm$ 57,2	1,98	0,05
Средняя продуктивности, методики «Кольца Ландольта», балл	74,1 $\pm$ 13,3	65,6 $\pm$ 9,6	2,94	0,005
Скорость переработки информации, методика «Кольца Ландольта», сек	0,7 $\pm$ 0,2	0,5 $\pm$ 0,3	1,96	0,05
Экспертная оценка работоспособности	4,4 $\pm$ 0,6	4,2 $\pm$ 0,6	2,17	0,05
Экспертная оценка мотивации	4,2 $\pm$ 0,7	3,8 $\pm$ 0,6	1,99	0,05
Экспертная оценка качества внимания	4,5 $\pm$ 0,5	4,3 $\pm$ 0,8	1,97	0,05

Таблица 2

**Сравнительный анализ психологических и психофизиологических показателей
в группах операторов с высокой и низкой эффективностью выполнения методики
«Прокладывание пути» (форма В)**

Table 2

**Comparative analysis of psychological and psychophysiological indicators in groups
of operators with high and low efficiency in implementing
the “Paving the Way” technique (Form B)**

Показатель	Описательная статистика ($M \pm \sigma$)		t	$p \leq$
	1-я группа	2-я группа		
Интегральный показатель, методика «Айовская шкала утомляемости»	14,9 $\pm$ 4,2	17,7 $\pm$ 5,1	-2,58	0,05
Когнитивные функции, методика «Айовская шкала утомляемости»	4,6 $\pm$ 1,4	5,6 $\pm$ 1,5	-2,70	0,01
Энергичность, методика «Айовская шкала утомляемости»	4,9 $\pm$ 1,8	5,9 $\pm$ 1,8	-2,40	0,05
Продуктивность, методика «Айовская шкала утомляемости»	2,8 $\pm$ 0,8	3,5 $\pm$ 1,2	-2,61	0,05
Продуктивность выполнения, методика «Маршрут», балл	16,5 $\pm$ 7,6	9,9 $\pm$ 7,17	3,20	0,01
Время выполнения, методика «Маршрут», сек	290,1 $\pm$ 71,8	324,8 $\pm$ 47,8	-1,97	0,05
Продуктивность, методика «Черно-красные таблицы», балл	36,7 $\pm$ 5,1	26,7 $\pm$ 3,7	3,83	0,001
Продуктивность, методика ССМР, балл	282,9 $\pm$ 42,5	243,7 $\pm$ 60,2	2,57	0,05
Экспертная оценка дисциплинированности	4,2 $\pm$ 0,6	3,8 $\pm$ 0,5	1,84	0,05
Экспертная оценка надежности деятельности	4,4 $\pm$ 0,7	4,1 $\pm$ 0,4	1,79	0,05

ляемости»; $p \leq 0,05$), более низкие показатели скорости переработки цифровой (вербальной) и пространственной информации (методика «Маршрут»; $p \leq 0,01$), а также высокая скорость переключения и распределения внимания (методика «Черно-красные таблицы»; $p \leq 0,001$), высокий уровень зрительно-моторной реакции и помехоустойчивости (методика ССМР; $p \leq 0,05$).

Анализ результатов исследования позволил выделить две группы операторов по уровню утомления: 1-я группа — с низким уровнем утомления (< 29 баллов; $n = 79$) и 2-я группа — с высоким уровнем утомления (> 40 баллов; $n = 26$). Сравнительный анализ операторов с различной степенью утомления представлен в табл. 3.

При исследовании групп с различной степенью утомления выявлено, что в группе с высоким уровнем утомления наблюдаются статистически достоверно более низкие показатели продуктивности внимания (количество правильно отмеченных символов) (методика «Чер-

но-красные таблицы»; $p \leq 0,001$), актуального психического состояния («Анкета субъективного самочувствия»; $p \leq 0,001$), оценки дисциплинированности ($p \leq 0,001$) и работоспособности ($p \leq 0,05$). Установлено, что в 1-й группе показатель оценки субъективного самочувствия практически в два раза выше, чем во 2-й.

Одним из важных критериев оценки функционального состояния организма специалистов операторского профиля является уровень резервных возможностей сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Как правило, он оценивается с помощью стандартных физиологических проб с задержкой дыхания (пробы Штанге и Генча); затем для оценки резервных возможностей сердечно-сосудистой и дыхательной систем рассчитывался физиологический индекс Богомазова.

На основании показателя индекса Богомазова были выделены две группы: 1-я группа — с высоким уровнем резервных возможностей сердечно-сосудистой и дыхательной систем (> 96 баллов; $n = 28$) и 2-я группа — с низким

Таблица 3

Сравнительный анализ психофизиологических показателей операторов с различным уровнем утомления по методике «Айовская шкала утомляемости»

Table 3

A comparative analysis of psychophysiological indicators operators with different levels of fatigue using the "Iowa Fatigue Scale method"

Показатели	Описательная статистика ($M \pm \sigma$)		t	$p <$
	1-я группа	2-я группа		
Самочувствие, «Анкета субъективного самочувствия», стен	$6,2 \pm 1,4$	$3,2 \pm 1,2$	4,02	0,0001
Продуктивность, методика «Черно-красные таблицы», балл	$32,5 \pm 11,9$	$26,4 \pm 10,8$	4,90	0,0001
Экспертная оценка дисциплинированности	$4,1 \pm 0,6$	$3,7 \pm 0,4$	5,15	0,0001
Экспертная оценка работоспособности	$4,3 \pm 0,6$	$3,9 \pm 0,4$	1,79	0,05

Таблица 4

Сравнительный анализ уровня резервных возможностей сердечно-сосудистой и дыхательной систем операторов

Table 4

Comparative analysis of the level of reserve capacity of the cardiovascular and respiratory systems of operators

Показатель	Описательная статистика ($M \pm \sigma$)		t	$p <$
	1-я группа	2-я группа		
Продуктивность, методика «Маршрут», балл	$19,0 \pm 3,4$	$11,9 \pm 8,2$	3,53	0,05
Продуктивность, методика «Черно-красные таблицы», балл	$42,5 \pm 6,0$	$31,8 \pm 8,7$	2,36	0,05
Скорость переработки информации, методика «Кольца Ландольта»	$0,7 \pm 0,2$	$0,5 \pm 0,3$	1,96	0,05
Экспертная оценка стрессоустойчивости	$4,2 \pm 0,5$	$3,8 \pm 0,3$	1,92	0,05

уровнем (< 95 баллов; $n = 35$). Данные сравнительного анализа уровня резервных возможностей сердечно-сосудистой и дыхательной систем операторов представлены в табл. 4.

Значения индекса Богомазова в обеих группах находятся на уровне физиологической нормы. В группе с низким уровнем резервных возможностей выявлены статистически достоверно более низкие показатели переключения и распределения внимания (методика «Черно-красные таблицы»; $p \leq 0,05$), устойчивости внимания и скорости переработки зрительной информации (методика «Кольца Ландольта»; $p \leq 0,05$) и более низкие показатели стрессоустойчивости ($p \leq 0,05$), что отражает сниженный уровень работоспособности и устойчивости к монотонии.

Обсуждение. Таким образом, проведенное исследование показало, что предложенный комплекс методик для оценки нуждаемости

специалистов операторского профиля в мероприятиях медико-психологического сопровождения позволяет выявить состояние физиологических резервов, уровни функционирования психомоторики, внимания и мышления, а также особенности поведения и деятельности. Эти методы дифференцированно оценивают уровень психических познавательных процессов, скорость зрительно-моторных реакций, работоспособность и надежность действий и обладают достаточной прогностической способностью в отношении диагностики актуального психофизиологического состояния. Представленный комплекс методик является менее трудоемким и затратным по времени проведения.

Заключение. Предложенный комплекс методик позволяет оценивать актуальное психофизиологическое состояние, своевременно выявлять признаки утомления, переутомления

и другие нарушения психофизиологического состояния и проводить мероприятия, направленные на восстановление и коррекцию состояния, тем самым обеспечивая профессиональное долголетие и высокую надежность деятельности специалиста операторского профиля.

Сведения об авторах:

Марченко Лариса Олеговна – научный сотрудник научно-исследовательского отдела медико-психологического сопровождения Научно-исследовательского центра, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0002-0425-6463; e-mail: vmeda_37@mil.ru

Левич Светлана Николаевна – старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела медико-психологического сопровождения Научно-исследовательского центра, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0002-5874-1341; e-mail: vmeda_37@mil.ru

Филиппова Елена Олеговна – научный сотрудник научно-исследовательского отдела медико-психологического сопровождения Научно-исследовательского центра, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0009-0002-9529-5173; e-mail: vmeda_37@mil.ru

Дорофеев Иван Иванович – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела медико-психологического сопровождения Научно-исследовательского центра, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0009-0005-3195-3423; e-mail: vmeda_37@mil.ru

Колосова Анастасия Геннадьевна – младший научный сотрудник научно-исследовательского отдела медико-психологического сопровождения Научно-исследовательского центра, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0009-0007-5502-2441; e-mail: vmeda_37@mil.ru

Мулик Александр Борисович – доктор биологических наук, профессор, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела медико-психологического сопровождения Научно-исследовательского центра, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0001-6472-839X

Information about the authors:

Larisa O. Marchenko – Researcher, Research Department of Medical and Psychological Support, Research Center, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0000-0002-0425-6463; e-mail: vmeda_37@mil.ru

Svetlana N. Levich – Senior Researcher, Research Department of Medical and Psychological Support, Research Center, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0000-0002-5874-1341; e-mail: vmeda_37@mil.ru

Elena O. Filippova – Research Associate, Research Department of Medical and Psychological Support, Research Center, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0009-0002-9529-5173; e-mail: vmeda_37@mil.ru

Ivan I. Dorofeev – Cand. of Sci. (Med.), Senior Research Associate, Research Department of Medical and Psychological Support, Research Center, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0009-0005-3195-3423; e-mail: vmeda_37@mil.ru

Anastasia G. Kolosova – Junior Researcher, Research Department of Medical and Psychological Support, Research Center, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0009-0007-5502-2441; e-mail: vmeda_37@mil.ru

Aleksandr B. Mulik – Dr. of Sci. (Biol.), Professor, Senior Researcher, Research Department of Medical and Psychological Support, Research Center, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0000-0001-6472-839X

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Наибольший вклад распределен следующим образом. Концепция и план исследования — Л. О. Марченко; сбор данных — Е. О. Филиппова; анализ данных и выводы — С. Н. Левич; подготовка рукописи — И. И. Дорофеев, А. Г. Колосова, А. Б. Мулик.

Author contribution. All authors equally participated in the preparation of the article in accordance with the ICMJE criteria.

Special contribution: LOM the concept and plan of the study were developed. EOF data collection was carried. SNL data analysis and conclusions were prepared. IID, AGK, ABM manuscript preparation was carried.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. The authors declare that they have no competing interests.

Финансирование: исследование проведено без дополнительного финансирования.

Funding: the study was carried out without additional funding.

Поступила/Received: 26.04.2026
Принята к печати/Accepted: 15.09.2026
Опубликована/Published: 30.09.2026

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Юсупов В. В., Корзунин В. А. Медико-психологическое сопровождение специалистов экстремальных видов деятельности // *Известия Российской Военно-медицинской академии*. 2020. Т. 39, № 3. С. 302–308 [Yusupov V. V., Korzunin V. A. Medical and psychological support for specialists in extreme activities. *News of the Russian Military Medical Academy*, 2020, Vol. 39, No. 3, pp. 302–308 (In Russ)].
2. Ятманов А. Н. Совершенствование системы медико-психологического сопровождения обучающихся в вузах Министерства обороны Российской Федерации. Казань. 2017. 102 с. [Yatmanov A. N. *Improving the system of medical and psychological support for students in universities of the Ministry of Defense of the Russian Federation*. Kazan, 2017, 102 p. (In Russ)].
3. Овечкин И. Г., Юдин В. Е., Беликова Е. И., Кожуков А. А., Пожарянский М. Д., Коновалов М. Е., Шакула А. В. Состояние психологической адаптации и рефракционно-аккомодационной системы военнослужащих-операторов зрительно-напряженного труда // *Военно-медицинский журнал*. 2019. № 8. С. 39–41 [Ovechkin I. G., Yudin V. E., Belikova E. I., Kozhukov A. A., Pozharyansky M. D., Konovalov M. E., Shakula A. V. The state of psychological adaptation and refractive accommodation system of military personnel-operators of visually strenuous work. *Military Medical Journal*, 2019, No. 8, pp. 39–41 (In Russ)].
4. Юсупов В. В., Левич С. Н., Марченко Л. О., Филиппова Е. О., Кузина Р. Х., Дорофеев И. И. Профессиональный психофизиологический отбор военнослужащих-водителей в военно-учебных центрах // *Профессиональный отбор и медико-психологическое сопровождение военнослужащих. Сборник научных трудов Военно-научной школы*. СПб. 2025. С. 22–30 [Yusupov V. V., Levich S. N., Marchenko L. O., Filippova E. O., Kuzina R. Kh., Dorofeev I. I. *Professional psychophysiological selection of military drivers in military training centers. Professional selection and medical and psychological support of military personnel. Collection of scientific papers of the Military Scientific School*. St. Petersburg, 2025, pp. 22–30 (In Russ)].
5. Зеленина Н. В., Старенченко Ю. Л., Чернявский Е. А., Юсупов В. В. Личностные особенности, значимые в оценке устойчивости к боевому стрессу // «Психофизиология профессионального здоровья человека». Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 25-летию кафедры военной психофизиологии Военно-медицинской академии им. С. М. Кирова. СПб. 2022. С. 77–83. [Zelenina N. V., Starenchenko Yu. L., Chernyavsky E. A., Yusupov V. V. Personality traits significant in assessing resistance to combat stress. “*Psychophysiology of human occupational health*”. *Materials of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 25th anniversary of the Department of Military Psychophysiology of the Military Medical Academy named after S.M. Kirov*. St. Petersburg, 2022, pp. 77–83 (In Russ)].
6. Марченко Л. О., Левич С. Н., Филиппова Е. О. Психологические особенности военных операторов, влияющие на надежность их деятельности // *Известия Российской военно-медицинской академии*. 2020. Т. 39. № 4. С. 197–201 [Marchenko L. O., Levich S. N., Filippova E. O. Psychological characteristics of military operators affecting the reliability of their activities. *News of the Russian Military Medical Academy*, 2020, Vol. 39, No. 4, pp. 197–201 (In Russ)].
7. Corrigan J. D., Hinkeldey N. S. Relationships between parts A and B of the Trail Making Test. *J. Clin. Psychol*, 1987, Vol. 43, No. 4, pp. 402–409.
8. Day A., Celio M., Lisman S., et al. Acute and chronic effects of alcohol on trail making test performance among underage drinkers in a field setting. *J. Stud. Alcohol. Drugs*, 2013, Vol. 74, No. 4, pp. 635–641.
9. Hagen E., Erga A., et al. Assessment of Executive Function in Patients with Substance Use Disorder: A Comparison of Inventory and Performance-Based Assessment. *J. Subst. Abuse Treat*, 2016, Vol. 66, pp. 1–8.
10. Бикбулатова Л. Ф., Кутлубаев М. А., Ахмадеева Л. Р. Шкала оценки усталости (перевод на русский язык), адаптация и оценка психометрических свойств в стационарах клиник неврологии и терапии // *Мед. вестн. Башкортостана*. 2012. Т. 7, № 1. С. 37–42 [Bikbulatova L. F., Kutlubaev M. A., Akhmadeeva L. R. Fatigue assessment scale (translated into Russian), adaptation and assessment of psychometric properties in hospitals of neurology and therapy clinics. *Medical Bulletin Bashkortostan*, 2012, Vol. 7, No. 1, pp. 37–42 (In Russ)].
11. Ильин Е. П. *Психофизиология состояний человека*. СПб.: Питер; 2005. 412 с. [Ilyin E. P. *Psychophysiology of human conditions*. St. Petersburg: Piter; 2005, 412 p. (In Russ)].
12. Ятманов А. Н. *Медико-психологическое сопровождение военнослужащих с нарушением адаптации*. Казань, 2018. 82 с. [Yatmanov A. N. *Medical and psychological support for military personnel with adaptation disorders*. Kazan, 2018, 82 p. (In Russ)].
13. Кобрянова И. В., Назаров С. С., Серова Ю. С. и др. Математическая модель прогноза нервно-психической устойчивости курсанта // *Психолог*. 2024. № 6. С. 94–104 [Kobryanova I. V., Nazarov S. S., Serova Yu. S., et al. Mathematical Model for Forecasting the Neuropsychic Stability of a Cadet. *Psychologist*, 2024, No. 6, pp. 94–104 (In Russ.)]. doi: 10.25136/2409-8701.2024.6.69806.
14. Фетцова Л. Н., Дорофеев И. И., Серова Ю. С., Ятманов А. Н. Особенности ценностных отношений профессионально дезадаптированных курсантов // *Живая психология*. 2024. Т. 11, № 6 (54). С. 75–81 [Fetstova L. N., Dorofeev I. I., Serova Yu. S., Yatmanov A. N. Features of Value Attitudes of Professionally Maladjusted Cadets. *Living Psychology*, 2024, Vol. 11, No. 6 (54), pp. 75–81 (In Russ.)]. doi: 10.58551/24136522_2024_11_4_12.

ШТАММ *STAPHYLOCOCCUS HOMINIS* 23-2 ИЗ ОБРАЗЦА МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ МЫСА СОПОЧНАЯ КАРГА ТАЙМЫРСКОГО ДОЛГАНО-НЕНЕЦКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ: ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

^{1,2}А. Е. Гончаров*, ²Д. В. Азаров, ¹В. Ю. Хорошилов, ³А. В. Бартова, ²Б. И. Асланов,

²К. Г. Косякова, ¹Г. М. Бердичевский, ¹О. Н. Эргашев

¹ Институт экспериментальной медицины, Санкт-Петербург, Россия

²Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

³Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

ВВЕДЕНИЕ. Многолетняя мерзлота способна сохранять жизнеспособность древних микроорганизмов, в том числе патогенов животных и человека, на протяжении по меньшей мере тысячелетий. Изучение древних микробиомов, включая детерминанты устойчивости к антибиотикам, позволяет оценить потенциальные риски, связанные с распространением генетического материала древних микроорганизмов в современных экосистемах.

ЦЕЛЬ. Определить генетические особенности и патогенный потенциал штамма *Staphylococcus hominis* 23-2, выделенного из отложений древних (неоплейстоценовых) многолетнемерзлых пород на мысе Сопочная Карга (северо-запад полуострова Таймыр, Красноярский край), а также оценить разнообразие детерминант антибиотикорезистентности мерзлотного микробиома, компонентом которого является данный штамм.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Образцы мерзлых пород отбирали с соблюдением протоколов предотвращения контаминации и использовали для выделения ДНК и микробиологического посева на питательные среды общего назначения. Геном выделенного штамма *Staphylococcus hominis* секвенировали на приборе DNBSEQ-G50 (MGI, Китай) с длиной прочтений 2 × 100 пар нуклеотидов (далее — п. н.). Метагеномное секвенирование проводили на секвенаторе DNBSEQ-G400 с длиной парноконцевых прочтений 150 п. н. Биоинформационная обработка результатов секвенирования штамма *Staphylococcus hominis* включала филогеномный анализ последовательности генома, идентификацию генов лекарственной устойчивости и патогенности. Результаты метагеномного секвенирования использовали для идентификации генов устойчивости к антибиотикам.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Выделен штамм *Staphylococcus hominis* 23-2. В структуре его генома идентифицированы последовательности гена устойчивости к макролидным антибиотикам (*msr(A)*) плазмидной локализации и гена устойчивости к фузидиевой кислоте (*fusB*). Филогеномный анализ свидетельствует в пользу близости генома изучаемого штамма к штаммам современных генетических линий. В структуре метагенома идентифицировано 78 уникальных генов устойчивости к антибиотикам, включая гены эффлюкс-насосов семейств MFS и RND, гены β-лактамаз и гены ферментов модификации аминокликозидов. В составе резистома присутствуют последовательности генов резистентности к антибиотикам «последней линии»: гликопептидам (*vanR*), карбапенемам (металло-β-лактамазы, SHN-1, OXA-60) и полимиксину (*pmr*).

ОБСУЖДЕНИЕ. Результаты исследования свидетельствуют о широкой представленности генов лекарственной устойчивости в образце арктической мерзлоты на мысе Сопочная Карга. При этом наличие в структуре генома штамма *Staphylococcus hominis* 23-2 генов лекарственной устойчивости, наряду с плазмидными и профаговыми последовательностями, позволяет предположить возможность мобилизации данным штаммом компонентов древнего резистома.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Исследование продемонстрировало принципиальную возможность сохранения в отложениях неоплейстоценовой мерзлоты мыса Сопочная Карга штаммов стафилококков, несущих гены лекарственной устойчивости и обладающих патогенным потенциалом. Полученные результаты обосновывают целесообразность мониторинга динамики распространения генов лекарственной устойчивости в качестве элемента региональных программ оценки биологических рисков, связанных с изменением климата в прибрежных экосистемах Арктики.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, многолетняя мерзлота, палеомикробиология, резистом, метагеномика, *Staphylococcus hominis*, горизонтальный перенос генов

*Для корреспонденции: Гончаров Артемий Евгеньевич, e-mail: phage1@yandex.ru

*For correspondence: Artemy E. Goncharov, e-mail: phage1@yandex.ru

Для цитирования: Гончаров А. Е., Азаров Д. В., Хорошилов В. Ю., Бартова А. В., Асланов Б. И., Косякова К. Г., Бердичевский Г. М., Эргашев О. Н. Штамм *Staphylococcus hominis* 23-2 из образца многолетней мерзлоты мыса Сопочная Карга Таймырского Долгано-Ненецкого муниципального района Красноярского края: оригинальная статья // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 3. С. 103–111; <https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-103-111>;

EDN: <https://elibrary.ru/NAAJHO>

For citation: Goncharov A. E., Azarov D. V., Khoroshilov V. Yu., Bartova A. V., Aslanov B. I., Kosyakova K. G., Berdichevsky G. M., Ergashev O. N. Strain of *Staphylococcus hominis* 23-2 from a permafrost sample of cape Sopochnaya Karga, Taimyr Dolgan-Nenets municipal district, Krasnoyarsk Territory: original article // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 3. pp. 103–111; <https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-103-111>; EDN: <https://elibrary.ru/NAAJHO>

STRAIN OF STAPHYLOCOCCUS HOMINIS 23-2 FROM A PERMAFROST SAMPLE OF CAPE SOPOCHNAYA KARGA, TAIMYR DOLGAN-NENETS MUNICIPAL DISTRICT, KRASNOYARSK TERRITORY: ORIGINAL ARTICLE

^{1,2}Artemiy E. Goncharov*, ²Daniil V. Azarov, ¹Vladimir Yu. Khoroshilov, ³Arina V. Bartova, ²Batyrbek I. Aslanov, ²Karina G. Kosyakova, ¹Grigoriy M. Berdichevsky, ¹Oleg N. Ergashev

¹ Institute of Experimental Medicine, Saint Petersburg, Russia

²North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia

³All-Russian Research Geological Institute named after A. P. Karpinsky, Saint Petersburg, Russia

INTRODUCTION. Permafrost can preserve the viability of ancient microorganisms, including animal and human pathogens, for at least millennia. Studying ancient microbiomes, including antibiotic resistance determinants, allows us to assess the potential risks associated with the spread of ancient microbial genetic material into modern ecosystems.

OBJECTIVE. To determine the genetic characteristics and pathogenic potential of the *Staphylococcus hominis* strain 23-2 isolated from ancient (Neopleistocene) permafrost deposits at Cape Sopochnaya Karga (northwest of the Taimyr Peninsula, Krasnoyarsk Krai), and to evaluate the diversity of antibiotic resistance determinants in the permafrost microbiome of which this strain is a component.

MATERIALS AND METHODS. Permafrost samples were collected following contamination prevention protocols and used for DNA extraction and microbiological culture on general-purpose nutrient media. The genome of the isolated *Staphylococcus hominis* strain was sequenced on a DNBSEQ-G50 system (MGI, China) with a read length of 2×100 base pairs (bp). Metagenomic sequencing was performed on a DNBSEQ-G400 sequencer with a paired-end read length of 150 bp. Bioinformatic processing of the *Staphylococcus hominis* strain sequencing results included phylogenomic analysis of the genome sequence and identification of drug resistance and pathogenicity genes. The metagenomic sequencing results were used to identify antibiotic resistance genes.

RESULTS. A strain of *Staphylococcus hominis* 23-2 was isolated. Its genome was identified to contain sequences of the plasmid-localized macrolide antibiotic resistance gene (*msr(A)*) and the fusidic acid resistance gene (*fusB*). Phylogenomic analysis indicates that the genome of the studied strain is similar to strains of modern genetic lineages. Seventy-eight unique antibiotic resistance genes were identified in the metagenome structure, including genes encoding efflux pumps of the MFS and RND families, β -lactamase genes, and genes encoding aminoglycoside modification enzymes. The resistome contains sequences of genes encoding resistance to last-line antibiotics: glycopeptides (*vanR*), carbapenems (metallo- β -lactamases, SHN-1, OXA-60), and polymyxin (*pmr*).

DISCUSSION. The study results demonstrate a high abundance of drug resistance genes in the Arctic permafrost sample from Cape Sopochnaya Karga. Furthermore, the presence of drug resistance genes in the genome structure of *Staphylococcus hominis* strain 23-2, along with plasmid and prophage sequences, suggests the possibility that this strain may mobilize components of an ancient resistome.

CONCLUSION. The study demonstrated the fundamental possibility of preserving staphylococcal strains carrying drug resistance genes and having pathogenic potential in the Neopleistocene permafrost sediments of Cape Sopochnaya Karga. The results obtained justify the feasibility of monitoring the dynamics of the spread of drug resistance genes as an element of regional programs for assessing biological risks associated with climate change in coastal ecosystems of the Arctic.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, permafrost, paleomicrobiology, resistome, metagenomics, *Staphylococcus hominis*, horizontal gene transfer

Введение. Многолетняя мерзлота способна сохранять жизнеспособность древних микроорганизмов, в том числе патогенов животных и человека, на протяжении по меньшей мере тысячелетий [1].

Растепление и деградация мерзлоты и связанная с этими явлениями реактивация сохраняющихся в ней патогенов, рассматриваются в настоящее время в качестве существенной угрозы общественному здравоохранению в контексте появления эмерджентных инфекций [2].

Представляется вероятным, что «территориями риска», на которых процессы реактивации древних микроорганизмов могут иметь существенные эпидемиологические последствия, являются местонахождения ископаемых животных, поскольку их остатки могут содержать жизнеспособные формы микроорганизмов — возбудителей зоонозных инфекций. Микробные сообщества, ассоциированные с плейстоценовой фауной Сибири, описаны ранее в нескольких исследованиях; в их составе обнаруживаются как комменсальные микроорганизмы [3, 4], так и патогены, в частности *Bacillus anthracis* [5], причем имеются примеры, свидетельствующие о реальной эпидемической опасности реактивации древних штаммов возбудителя сибирской язвы [6].

Метагеномные исследования образцов многолетней мерзлоты, проведенные в последние годы, свидетельствуют также о том, что данный биом содержит гигантский пул генов, обеспечивающих устойчивость бактерий к антимикробным препаратам, при этом обсуждается вопрос мобилизации древних генов антибиотикорезистентности как следствие потепления климата [7].

В связи с этим комплексные микробиологические и метагеномные исследования в локальных участках деградации многолетней мерзлоты, ассоциированных с местонахождениями ископаемой фауны в Арктике, могут дать информацию о «фоновом» уровне биологических угроз, связанных с древними микроорганизмами или их генетическим материалом.

Мыс Сопочная Карга (71°54'9,12" с. ш., 82°40'12,24" в. д.), расположенный на северо-западе полуострова Таймыр в устье Енисея, представляет собой одну из точек интенсивного разрушения четвертичных мерзлых отложений. Берега Енисейского залива к северу от мыса активно отступают вследствие береговой эрозии, обнажая толщину мерзлоты. В 2012 г. в данном ме-

сте была найдена туша мамонта с сохранными мягкими тканями. Находка получила наименование «мамонт Женья», или «сопкаргинский мамонт». Для образца костного коллагена данного животного методом радиоуглеродного анализа была получена датировка ($44\,750 \pm 950$; GrA-57723) [8], причем имеются данные о повреждениях, полученных мамонтом от тяжелого копья первобытного охотника [9].

В 2023 г. в рамках экспедиции «Арктический плавучий университет» были проведены микробиологические исследования образцов песчаного грунта второй надпойменной террасы реки Енисей, вмещающего обнаруженную в 2012 г. в соседних береговых обрывах тушу «мамонта Жени».

Цель. Определить генетические особенности и патогенный потенциал штамма *Staphylococcus hominis* 23-2 из отложений древних (неоплейстоценовых) многолетнемерзлых пород на мысе Сопочная Карга (северо-запад полуострова Таймыр, Красноярский край), а также оценить разнообразие детерминант антибиотикорезистентности мерзлотного микробиома, компонентом которого является данный штамм.

Материалы и методы. Отбор проб для палеомикробиологических исследований.

Отобраны две дублирующие пробы из толщи песков аллювия второй надпойменной террасы реки Енисей, вмещающих найденную в 2012 г. в соседних обрывах тушу мамонта («Сопкаргинский мамонт») с глубины 4,2 м от бровки обрыва и 1,7 м ниже контакта с перекрывающими торфяниками. Образцы многолетней мерзлоты отбирали после зачистки стенки разреза ножом, стерилизованным фламбированием. Биологические образцы для микробиологических исследований помещали в стерильные пластиковые пакеты типа Whirl-Pack.

Микробиологический посев. Посев образца производился двукратно с соблюдением требований асептики. При этом 2 г грунта вносили в жидкую питательную среду BD BACTEC Standard Aerobic medium (BD, США) и инкубировали 16–18 ч, а затем высевали на чашки с УТИ-агаром (Oxoid, Великобритания) и колумбийским агаром (ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии», Оболенск, Россия).

Идентификация бактерий. Таксономическую идентификацию проводили методом времени пролета масс-спектрометрии на приборе

MALDI-TOF BactoSCREEN («Литех», Россия), при этом колонии тестируемых культур, выросших на плотной питательной среде, наносили прямо на мишень. Масс-спектры анализировали с использованием программного обеспечения Biotyper 3.1.

Секвенирование бактериального генома и анализ генетической информации. Библиотеки для секвенирования готовили из 50 нг геномной ДНК с применением набора MGIEasy FS DNA Library Prep Set (MGI, Китай) согласно протоколу производителя. Секвенирование осуществляли на приборе DNBSEQ-G50 (MGI, Китай) с длиной прочтений 2×100 п. н.

Аннотирование полученных контигов было выполнено с использованием ресурса RAST (<http://rast.nmpdr.org>). Поиск генов вирулентности проводили с помощью программы PathogenFinder (<http://cge.cbs.dtu.dk/services/PathogenFinder/>), а мобильных генетических элементов — с использованием инструмента MGEfinder 1.0.3 (<https://github.com/bhattlab/MGEfinder>). Для определения сиквенс-типа (ST) использовали последовательности генов, входящих в схему мультилокусного секвенирования-типирования *Staphylococcus hominis* [10], и базу данных сиквенс-типов, представленную на ресурсе <https://pubmlst.org/organisms/staphylococcus-hominis>. Филогеномный анализ по последовательностям генов корового генома проводили с помощью программы Parsnp v1.2 (<https://github.com/marbl/parsnp>).

Метагеномное секвенирование. С целью более детальной оценки микробиома изучаемого образца мерзлоты выполняли метагеномное секвенирование.

Выделение ДНК осуществляли с использованием набора реагентов Meta Soil (Raissol, Россия) согласно протоколу производителя. Для подготовки метагеномных библиотек был использован набор MGIEasy FS DNA Library Prep Set (MGI, Китай). Секвенирование проводили на секвенаторе DNBSEQ-G400 с длиной парноконцевых прочтений 150 пар нуклеотидов (далее — п. н.). Сырые риды собирали с помощью MEGAHIT v1.2.9 (<https://github.com/voutcn/megahit>). Полученные контиги классифицировали с помощью Kraken2 с использованием стандартной базы данных вирусных последовательностей RefSeq, актуализированной на 15.10.2025 (<https://benlangmead.github.io>).

Аннотацию метагеномных данных и визуализацию ее результатов осуществляли также с помощью онлайн-сервиса CCMetagen 1.3 (<https://cge.cbs.dtu.dk/services/CCMetagen>).

Результаты. В результате микробиологического посева через 24 ч инкубирования на UTI-агаре из обоех исследованных проб были получены чистые культуры бактерий, идентифицированных методом MALDI-TOF как *Staphylococcus hominis*. Данный штамм, обозначенный нами как *Staphylococcus hominis* 23-2, был использован для выделения ДНК и геномного секвенирования.

В результате секвенирования и сборки ридов была получена нуклеотидная последовательность генома размером 2 205 037 п. н., состоящая из 16 контигов размером от 1509 до 775 744 п. н. Данная последовательность депонирована в GenBank (Acc. № JBXXOY000000000.1).

Геном содержит не менее 2172 открытых рамок считывания; в его структуре также определяется контиг (контиг 10) размером 27 624 п. н., содержащий ген плазмидной репликазы семейства *rep19b* и обнаруживающий некоторое сходство (99 % идентичности при покрытии 44 %) с плазмидой, ранее идентифицированной в клиническом штамме FDAARGOS_747 (GenBank: CP046302.1).

Кроме того, в структуре генома идентифицированы последовательности гена устойчивости к макролидным антибиотикам — *msr(A)*, локализованного на вышеописанной плазмиде (контиг 10), и к фузидиевой кислоте (*fusB*) (контиг 4, имеющий предположительно хромосомную локализацию), а также два участка, ассоциированных с интегразами умеренных бактериофагов. Данные участки содержат гены гомологов гипотетических пептидов SAV0799, SAV0798, SAV0796, SAV0795, SAV0794 (контиг 1) и SAV2027, SAV0787, SAR0371, SAR0372, SAV0789, SAV0794, SAV0795, SAV0796, SAV0798, SAV0799 (контиг 4), гомологичных локализованным в стафилококковых суперантиген-продуцирующих островах патогенности семейства SAPI. В геноме идентифицирован ряд генов факторов патогенности, в частности, имеются ген гемолизина, фибриноген-связывающего фактора и гены пептидов AAP, вовлеченных в биопленкообразование.

Использование последовательностей генов, входящих в схему MLST-типирования, позво-

лило установить, что изучаемый штамм представляет собой новый сиквенс-тип, филогенетически наиболее близкий штаммам ST189 и ST101. Применение филогеномного анализа на основе однонуклеотидных полиморфизмов в генах корового генома представителей *S. hominis*, нуклеотидные последовательности которых размещены в GenBank, позволило построить филогенетическое дерево, уточнившее филогенетические взаимоотношения изучаемого штамма с современными представителями данного вида (рис. 1).

Нуклеотидная последовательность изучаемого штамма проявляет наибольшее сходство с последовательностью GCA_050274175.1 штамма *Staphylococcus hominis* NPDC020023, выделенного в 1977 г. и охарактеризованного в качестве свободноживущей бактерии. В то же время изучаемый штамм предположительно не является родственным древнему штамму MMP2, описанному ранее в качестве компо-

нента микробиома мерзлоты периода миоцена из местонахождения Мамонтова Гора (Россия, Республика Саха (Якутия)) [11].

Таким образом, расположение последовательности штамма 23-2 на филогенетическом дереве свидетельствует о существенной близости изучаемого штамма к современным представителям *Staphylococcus hominis*.

С учетом наличия в геноме штамма *Staphylococcus hominis* 23-2 генов лекарственной устойчивости мы посчитали целесообразным оценить особенности резистома образца мерзлоты, из которой был выделен данный штамм.

В результате метагеномного секвенирования получено 8 568 985 прочтений. В структуре микробиома представители домена *Bacteria* составили 71 %; среди остальных последовательности классифицированы как соответствующие различным группам растений, микромицетов и беспозвоночных.

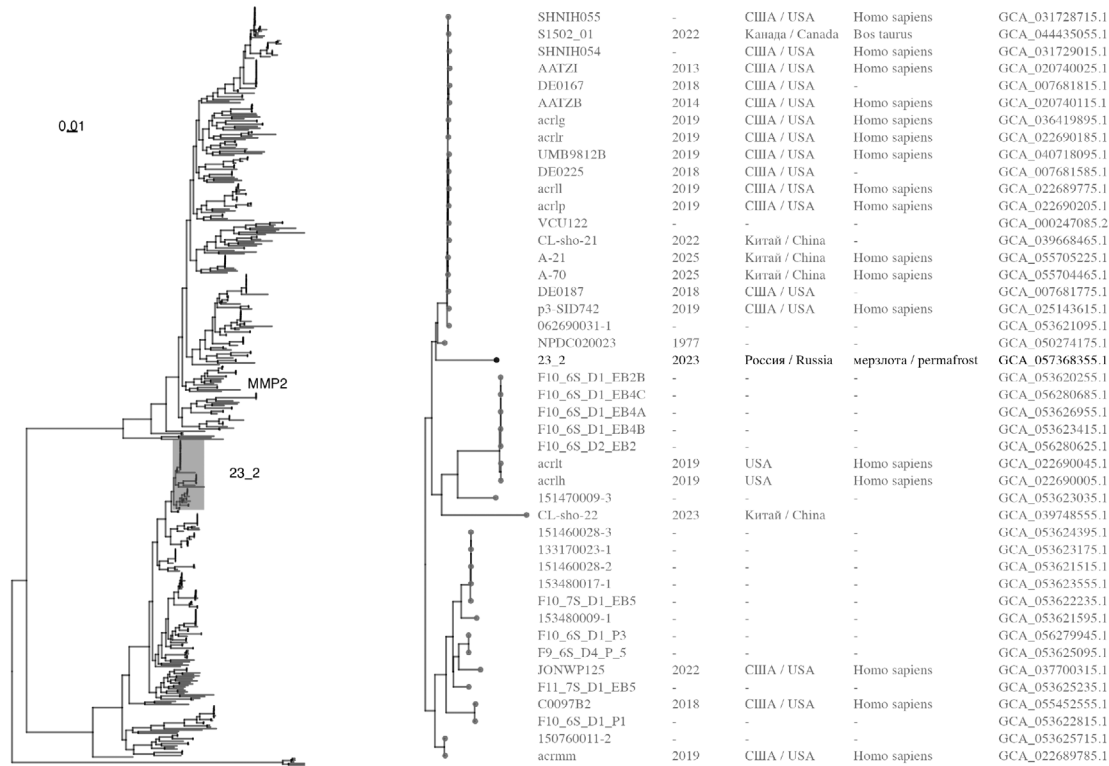


Рис. 1. Филогенетические взаимоотношения штамма 23-2 и штаммов *Staphylococcus hominis*, родственных ему сиквенс-типов, определенные по наличию однонуклеотидных полиморфизмов в генах корового генома (А). Отдельно (В) представлена ветвь древа, содержащая штамм *Staphylococcus hominis* 23-2

Fig. 1. Phylogenetic relationship of 23-2 strain and *Staphylococcus hominis* strains of related sequence types, determined by the presence of single nucleotide polymorphisms in the genes of the core genome (A). The branch of the tree containing *Staphylococcus hominis* 23-2 strain is presented separately (B)

Бактериальное сообщество на уровне филумов было сформировано представителями *Pseudomonadota* (70,8 % прочтений), *Bacteroidota* (8,4 %), *Bacillota* (7,5 %), *Actinomycetota* (5,3 %), *Thermodesulfobacteriota* (2,4 %); доля архей *Euryarchaeota* составила 1 % в структуре метаженома, что в целом согласуется с известными данными по арктическим мерзлотным микробиомам [12]. Распределение преобладающих в метаженоме родов бактерий представлено на рис. 2.

В структуре метаженома идентифицировано 78 уникальных генов устойчивости к антибиотикам. Наибольшую представленность имели:

- гены эффлюкс-насосов семейств MFS и RND (42 последовательности; 53,8 % от общего числа идентифицированных);
- гены β -лактамаз (21 последовательность; 26,9 %, преимущественно классов А и С);

- ферменты модификации аминогликозидов (гены AAC(3), ANT(3''), AAC(2') — 4 последовательности);

- гены, ассоциированные с реализацией прочих механизмов устойчивости к антибиотикам (гены ингибиторов гликопептидов, хинолонов) (11 последовательностей; 14 %).

Обращает на себя внимание присутствие в составе резистома генов, необходимых для реализации механизмов устойчивости к антибиотикам «последней линии»: гликопептидам (vanR), карбапенемам (металло- β -лактамазы, SHN-1, OXA-60) и полимиксину (pmr).

Обсуждение. *Staphylococcus hominis* известен в качестве комменсала кожи человека и животных, однако также описаны его штаммы, ассоциированные с почвенными экосистемами и ризосферой растений [13, 14]. Кроме того, в литературе охарактеризован штамм

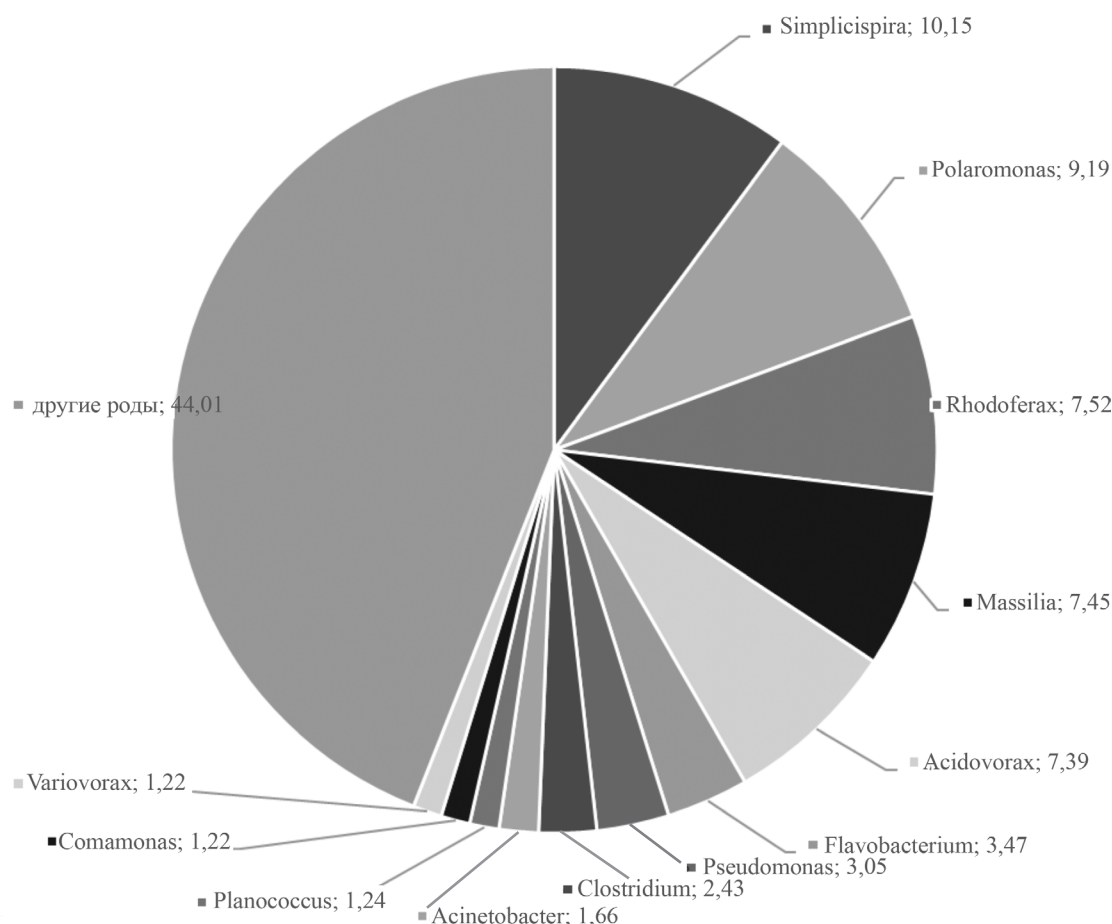


Рис. 2. Структура родов бактерий, преобладающих в метаженоме образца древней мерзлоты, отобранного на мысе Сопочная Карга

Fig. 2. The structure of the bacterial genera predominant in the metagenome of an ancient permafrost sample collected at Sopochnaya Karga Cape

Staphylococcus hominis, выделенный из древней мерзлоты на палеонтологическом местонахождении «Мамонтова гора» (обнажение реки Алдан в Сибири [11]).

С учетом использованной процедуры пробоотбора, практически исключавшей контаминацию образца современной микробиотой, мы предполагаем, что возраст изучаемого микроорганизма соответствует возрасту образца мерзлоты, т. е. выделенный штамм представляет собой истинно древнюю бактерию. Результаты филогеномного анализа в целом не противоречат предположению об аутохтонном характере находки. В ранее проведенном исследовании, сфокусированном на филогенетическом анализе геномов *Acinetobacter lwoffii* из древних образцов мерзлоты, также не выявлены специфические для древних штаммов генетические линии [15]. Имеются сведения о сходстве штамма *Enterococcus faecium*, выделенного из туши шерстистого мамонта, с современными представителями данного вида [16, 17].

Наличие в структуре генома изучаемого в настоящей работе штамма генов лекарственной устойчивости наряду с плазмидными и профаговыми последовательностями позволяет предположить принципиальную возможность мобилизации данным штаммом древних генов антибиотикорезистентности, составляющих

резистом мерзлоты на мысе Сопочная Карга. Наше исследование подтверждает данные о широкой представленности генов лекарственной устойчивости в образцах арктической мерзлоты [18].

Деградация мерзлоты на Ямале сопровождается термокарстовыми процессами [19] с высвобождением органического вещества и миграцией микробных клеток или ДНК в сезонно-талый слой почвы и в воду. В связи с этим риск расширения пула генов резистентности за счет генетического материала древних мерзлотных микробиомов в современных арктических природных сообществах требует внимания [20].

Заключение. Настоящее исследование продемонстрировало принципиальную возможность сохранения в отложениях мерзлоты плейстоценового периода штаммов стафилококков, несущих гены лекарственной устойчивости и обладающих патогенным потенциалом. Показано также, что мерзлота мыса Сопочная Карга сохраняет массив генов лекарственной устойчивости, которые могут быть интегрированы в геномы современных бактерий.

Представляется, что мониторинг динамики распространения генов лекарственной устойчивости целесообразен в качестве элемента региональных программ оценки биологических рисков, связанных с изменением климата в Арктике.

Сведения об авторах

Гончаров Артемий Евгеньевич — доктор медицинских наук, заведующий лабораторией микробиологического мониторинга биологических рисков отдела молекулярной микробиологии им. академика А. А. Тотоляна, Институт экспериментальной медицины; Россия, 197022, Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д. 12; ORCID: 0000-0002-5206-6656; e-mail: phage1@yandex.ru

Азаров Даниил Валерьевич — кандидат медицинских наук, старший преподаватель кафедры эпидемиологии, паразитологии и дезинфектологии, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова; Россия, 191015, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41; ORCID: 0000-0003-2483-5144; e-mail: denazarov.da@yandex.ru

Хорошилов Владимир Юрьевич — кандидат медицинских наук, лаборант-исследователь лаборатории микробиологического мониторинга биологических рисков отдела молекулярной микробиологии им. академика А. А. Тотоляна, Институт экспериментальной медицины; Россия, 197022, Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д. 12; e-mail: khoroshiloff@yandex.ru

Бартова Арина Викторовна — ведущий геолог (начальник отряда), отдел региональной геологии и полезных ископаемых восточных районов России, Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского; Россия, 199106, Санкт-Петербург, Средний проспект, д. 74; e-mail: arina_bartova@mail.ru

Асланов Батырбек Исмаилович — доктор медицинских наук, профессор, директор института профилактической медицины, заведующий кафедрой эпидемиологии, паразитологии и дезинфектологии, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова; Россия, 191015, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41; ORCID: 0000-0002-6890-8096; e-mail: batyra@gmail.com

Косякова Карина Георгиевна — кандидат медицинских наук, доцент кафедры медицинской микробиологии, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова; Россия, 191015, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41; ORCID: 0000-0002-9900-5332; e-mail: karina.kosyakova@szgmu.ru

Бердичевский Григорий Михайлович — кандидат биологических наук, заведующий лабораторией биомедицинской и фармацевтической масс-спектрометрии отдела молекулярной микробиологии им. академика А. А. Тотоляна, Институт экспериментальной медицины; Россия, 197022, Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д. 12; ORCID: 0000-0002-2152-9881; e-mail: grishaberd@gmail.com

Эргашев Олег Николаевич — доктор медицинских наук, профессор, исполняющий обязанности директора, Институт экспериментальной медицины; Россия, 197022, Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д. 12; 0009-0003-5188-8900; e-mail: iem@iems.spb.ru

Information about the authors

Artemy E Goncharov — Cand. of Sci. (Med.), Head of the Laboratory of Microbiological Monitoring of Biological Risks of the Department of Molecular Microbiology named after Academician A. A. Totolian of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Institute of Experimental Medicine”; Russia, 197022, Saint Petersburg, Academician Pavlov Str., 12; ORCID: 0000-0002-5206-6656; e-mail: phage1@yandex.ru

Daniil V. Azarov — Cand. of Sci. (Med.), Senior Lecturer of the Department of Epidemiology, Parasitology and Disinfection, North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov of the Ministry of Health of the Russian Federation; Russia, 191015, Saint Petersburg, Kirochnaya Str., 41; ORCID: 0000-0003-2483-5144; e-mail: denazarov.da@yandex.ru

Vladimir Yu. Khoroshilov — Cand. of Sci. (Med.), Researcher of the Laboratory of Microbiological Monitoring of Biological Risks of the Department of Molecular Microbiology named after Academician A. A. Totolian of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Institute of Experimental Medicine”; Russia, 197022, Saint Petersburg, Academician Pavlov Str., 12; e-mail: khoroshiloff@yandex.ru

Arina V. Bartova — Leading Geologist, Department of Regional Geology and Mineral Resources of the Eastern Regions of Russia, Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Geological Institute named after A. P. Karpinsky”; Russia, 199106, Saint Petersburg, Sredny prospekt, 74; e-mail: arina_bartova@mail.ru

Batyrbek I. Aslanov — Cand. of Sci. (Med.), Professor, Director of the Institute of Preventive Medicine, Head of the Department of Epidemiology, Parasitology and Disinfection, FGBOU VO “North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov” of the Ministry of Health of the Russian Federation. ORCID: 0000-0002-6890-8096, e-mail: batyra@gmail.com

Karina G. Kosyakova — Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Medical Microbiology, North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov; Russia, 191015, Saint Petersburg, Kirochnaya Str., 41; ORCID: 0000-0002-9900-5332; e-mail: karina.kosyakova@sngmu.ru

Grigory M. Berdichevsky — Cand. of Sci. (Med.), Head of the Laboratory of Biomedical and Pharmaceutical Mass Spectrometry of the Department of Molecular Microbiology named after Academician A.A. Totolyan, Institute of Experimental Medicine; 197022, Saint Petersburg, Akademika Pavlova Street, 12; ORCID: 0000-0002-2152-9881; e-mail: grishaberd@gmail.com

Oleg N. Ergashev — Dr. of Sci. (Med.), Professor, Acting Director, Institute of Experimental Medicine; 197022, Saint Petersburg, Academician Pavlov Str., 12; ORCID: 0009-0003-5188-8900; e-mail: iem@iems.spb.ru

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE.

Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция и дизайн исследования — А. Е. Гончаров, Б. И. Асланов; сбор и обработка образцов, лабораторный анализ — А. В. Баргова, К. Г. Косякова, В. Ю. Хорошилов; масс-спектрометрическая идентификация культуры — Г. М. Бердичевский; биоинформатическая обработка данных, филогеномный анализ — Д. В. Азаров; написание рукописи — А. Е. Гончаров; критическая редакция текста — О. Н. Эргашев. Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи.

Author contribution. All authors according to the ICMJE criteria participated in the development of the concept of the article, obtaining and analyzing factual data, writing and editing the text of the article, checking and approving the text of the article.

Special contribution: AEG, BIA the concept and design of the study. AVB, KGK, VYuKh collection and processing of samples, laboratory analysis. GMB mass-spectrometric identification of culture. DVA bioinformatic data processing, phylogenomic analysis. AEG writing of the manuscript. ONE critical editing of the text. All the authors have read and approved the final version of the manuscript.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure: The authors declare that they have no competing interests.

Финансирование: Исследование выполнено в рамках государственного задания Института экспериментальной медицины № 102204110 1032-1-1.6.2 (FGWG-2025-0010).

Funding: The study was carried out as part of the state assignment of the Institute of Experimental Medicine № 102204110 1032-1-1.6.2 (FGWG-2025-0010)

Поступила/Received: 22.06.2026

Принята к печати/Accepted: 15.09.2026

Опубликована/Published: 30.09.2026

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Гончаров А. Е., Колоджиева В. В. Медицинская палеомикробиология: проблемы и перспективы // *Антибиотики и химиотерапия*. 2021. Т. 66, № 5–6. С. 72–77 [Goncharov A. E., Kolodzhieva V. V. Medical paleomicrobiology: problems and prospects. *Antibiotics and chemotherapy*, 2021, Vol. 66, No. 5–6, pp. 72–77 (In Russ.)]. doi: 10.24411/0235-2990-2021-66-5-6-72-77.
2. Saleem M. M., Elahi N., Athar R., Gul A., Adil M., Ellahi A., Kashif H., Hojeij M. The Petri dish under the ice: permafrost pathogens and their impact on global healthcare and antibiotic resistance. *Ann Med Surg (Lond)*, 2024, Vol. 86, No. 12, pp.7193–7201. doi: 10.1097/MS9.0000000000002650.
3. Grigoriev S. E., Fisher D. C., Obadă T., Shirley E. A., Rountrey A. N., Savvinov G. N., Garmaeva D. K., Novgorodov G. P., Cheprasov M. Y., Vasilev S. E., Goncharov A.E., Masharskiy A., Egorova V. E. , Petrova P. P., Egorova E. E., Akhremen-

- ko Ya. A., van der Plicht J., Galanin A. A., Fedorov S. E., Ivanov E. V., Tikhonov A. N. A woolly mammoth (*Mammuthus primigenius*) carcass from Maly Lyakhovsky Island (New Siberian Islands, Russian Federation). *Quaternary Int*, 2017, Vol. 445, pp. 89–103.
4. Goncharov A., Grigoriev S., Karaseva A., Kolodzhieva V., Azarov D., Akhremenko Y., Tarasova L., Tikhonov A., Masharskiy A., Zueva L., Suvorov A. Draft Genome Sequence of *Enterococcus faecium* Strain 58m, Isolated from Intestinal Tract Content of a Woolly Mammoth, *Mammuthus primigenius*. *Genome Announc*, 2016, Vol. 4, No. 1, pp. e01706–01715. doi:10.1128/genomeA.01706-15.
 5. Timofeev V., Bahtejeva I., Mironova R., Titareva G., Lev I., Christiany D., Borzilov A., Bogun A., Vergnaud G. Insights from *Bacillus anthracis* strains isolated from permafrost in the tundra zone of Russia. *PLoS One*, 2019, Vol. 14, No. 5, pp. e0209140. doi:10.1371/journal.pone.0209140.
 6. Liskova E. A., Egorova I. Y., Selyaninov Y. O., Razheva I. V., Gladkova N. A., Toropova N. N., Zakharova O. I., Burova O. A., Surkova G. V., Malkhazova S. M., Korennoy F. I., Iashin I. V., Blokhin A. A. Reindeer Anthrax in the Russian Arctic, 2016: Climatic Determinants of the Outbreak and Vaccination Effectiveness. *Front Vet Sci*, 2021, Vol. 24, No. 8, pp. 668420. doi: 10.3389/fvets.2021.668420.
 7. Rigou S., Christo-Foroux E., Santini S., Goncharov A., Strauss J., Grosse G., Fedorov A. N., Labadie K., Abergel C., Claverie J. M. Metagenomic survey of the microbiome of ancient Siberian permafrost and modern Kamchatkan cryosols. *MicroLife*, 2022, Vol. 7, No. 3, pp. 003. doi: 10.1093/femsml/uqac003.
 8. Гусев Е. А., Молодьков А. Н., Деревянко Л. Г. Сопкаргинский мамонт, время и условия его обитания (север Западной Сибири) // *Успехи современного естествознания*. 2015. № 1–3. С. 432–435 [Gusev E. A., Molodkov A. N., Derevyanko L. G. The Sopkarginsky Mammoth, Its Time and Habitat (Northern West Siberia). *Advances in Modern Natural Sciences*, 2015., No. 1–3, pp. 432–435 (In Russ.)].
 9. Pitulko V. V., Tikhonov A. N., Pavlova E. Y., Nikolskiy P. A., Kuper K. E., Polozov R. N. Paleoanthropology. Early human presence in the Arctic: Evidence from 45,000-year-old mammoth remains. *Science*, 2016, Vol. 351, No. 6270, pp. 260–263. doi: 10.1126/science.aad0554.
 10. Zhang L., Thomas J. C., Miragaia M., Bouchami O., Chaves F., d'Azevedo P. A., Aanensen D. M., de Lencastre H., Gray B. M., Robinson D. A. Multilocus sequence typing and further genetic characterization of the enigmatic pathogen, *Staphylococcus hominis*. *PLoS One*, 2013, Vol. 8, No. 6, pp. e66496. doi: 10.1371/journal.pone.0066496.
 11. Kashuba E., Dmitriev A. A., Kamal S. M., Melefors O., Griva G., Römmling U., Ernberg I., Kashuba V., Brouckov A. Ancient permafrost staphylococci carry antibiotic resistance genes. *Microb Ecol Health Dis*, 2017, Vol. 28, No. 1, pp. 1345574. doi: 10.1080/16512235.2017.1345574.
 12. Sannino C., Qi W., Rüthi J., Stierli B., Frey B. Distinct taxonomic and functional profiles of high Arctic and alpine permafrost-affected soil microbiomes. *Environ Microbiome*, 2023, Vol. 18, No. 1, pp. 54. doi: 10.1186/s40793-023-00509-6.
 13. Marimuthu K. Isolation and characterization of *Staphylococcus hominis* JX961712 from oil contaminated soil. *Journal of pharmacy research*, 2013, Vol. 7, No. 3, pp. 252–256.
 14. Aftab Uddin M., Akter S., Ferdous M., Haidar B., Amin A., Shofiul Islam Molla A. H. M., Khan H., Islam M. R. A plant endophyte *Staphylococcus hominis* strain MBL_AB63 produces a novel lantibiotic, homicorcin and a position one variant. *Sci Rep*, 2021, Vol. 11, No. 1, pp. 11211. doi: 10.1038/s41598-021-90613-9.
 15. Rakitin A. L., Ermakova A. Y., Beletsky A. V., Petrova M., Mardanov A. V., Ravin N. V. Genome Analysis of *Acinetobacter lwoffii* Strains Isolated from Permafrost Soils Aged from 15 Thousand to 1.8 Million Years Revealed Their Close Relationships with Present-Day Environmental and Clinical Isolates. *Biology (Basel)*, 2021, Vol. 10, No. 9, pp. 871. doi: 10.3390/biology10090871.
 16. Goncharov A., Grigorjev S., Karaseva A., Kolodzhieva V., Azarov D., Akhremenko Y., Tarasova L., Tikhonov A., Masharskiy A., Zueva L., Suvorov A. Draft Genome Sequence of *Enterococcus faecium* Strain 58m, Isolated from Intestinal Tract Content of a Woolly Mammoth, *Mammuthus primigenius*. *Genome Announc*, 2016, Vol. 4, No. 1, pp. e01706–15. doi:10.1128/genomeA.01706-15.
 17. Goncharov A., Grigorjev S., Karaseva A., Kolodzhieva V., Azarov D., Akhremenko Y., Tarasova L., Tikhonov A., Masharskiy A., Zueva L., Suvorov A. Reply to “Isolating Viable Ancient Bacteria: What You Put In Is What You Get Out”. *Genome Announc*, 2016, Vol. 4, No. 4, pp. e00734–16. doi: 10.1128/genomeA.00734-16.
 18. Rigou S., Christo-Foroux E., Santini S., Goncharov A., Strauss J., Grosse G., Fedorov A. N., Labadie K., Abergel C., Claverie J. M. Metagenomic survey of the microbiome of ancient Siberian permafrost and modern Kamchatkan cryosols. *MicroLife*, 2022, Vol. 7, No. 3, pp. 003. doi: 10.1093/femsml/uqac003.
 19. Муратов И. Н., Ибраева А. Ш., Тимергазина Л. Л., Полищук Ю. М. Дистанционное исследование термокарстовых озер арктической тундры Таймыра. *Вестник Югорского государственного университета*. 2021. № 17(1). С. 62–71 [Muratov I. N., Ibraeva A. Sh., Timergazina L. L., Polischuk Yu. M. Remote Study of Thermokarst Lakes in the Arctic Tundra of Taimyr. *Bulletin of Yugra State University*, 2021, Vol. 17, No. 1, pp. 62–71 (In Russ.)]. doi: 10.17816/byusu20210162-71.
 20. Haan T. J., Drown D. M. Unearthing Antibiotic Resistance Associated with Disturbance-Induced Permafrost Thaw in Interior Alaska. *Microorganisms*, 2021, Vol. 9, No. 1, pp. 116. doi: 10.3390/microorganisms9010116.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НЕЙРОДИНАМИКИ ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ В СТЕРЕОСКОПИЧЕСКИХ И МОНОКУЛЯРНЫХ СРЕДАХ: ВИЗУАЛЬНО-КОГНИТИВНЫЕ ФЕНОТИПЫ «ЦИФРОВОГО ПОКОЛЕНИЯ»

¹Е. И. Першина*, ²Д. Н. Савин, ²Е. С. Епифановский, ¹Д. Ю. Трухина

¹ Центр промышленной и морской медицины Северо-Западного окружного научно-клинического центра имени Л. Г. Соколова Федерального медико-биологического агентства России, Санкт-Петербург, Российская Федерация

² Научно-технологическая компания «Спортивное новаторство», Москва, Российская Федерация

ВВЕДЕНИЕ. Массовая ранняя цифровизация формирует новую экологическую нишу, в которой зрительно-когнитивная система человека развивается в условиях доминирования плоскостных (2D) стимулов.

ЦЕЛЬ. В исследовании проверяется гипотеза «экранного импринтинга» (Screen Imprinting Hypothesis), согласно которой интенсивный визуальный опыт взаимодействия с экранами может приводить к специфической функциональной адаптации зрительно-когнитивной системы, подавляющей естественные механизмы стереоскопического восприятия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В исследовании приняли участие 63 студента-первокурсника технического университета в возрасте от 18 лет. Был использован метод отслеживания множественных объектов (МОТ) в двух режимах: стереоскопическом (3D-МОТ) и монокулярном (2D-МОТ). Зарегистрированы три ключевых показателя: интегральный показатель МОТ (баллы), скоростные лимиты трекинга (средняя и максимальная скорости, м/сек) и время выбора объектов (сек).

РЕЗУЛЬТАТЫ. Сравнительный анализ выявил парадокс: при достоверном росте интегрального показателя МОТ в 3D-режиме ($p < 0,01$) не отмечены значимые различия средних скоростных лимитов по всей выборке ($p > 0,05$). Стратификация выборки по величине относительного прироста эффективности (Δ %) позволила разрешить это противоречие и выделить три дискретных фенотипа: 1) «Стереонорма» (40 % выборки) — демонстрирует эффект фасилитации (рост скорости в 3D); 2) «Нейтральные» (40 % выборки) — демонстрируют кинематическую инвариантность; 3) «Цифровая деформация» (20 % выборки) — характеризуется эффектом ингибции (снижение скорости в 3D) и критическим увеличением времени выбора (когнитивной стоимости) при переходе к объемному восприятию.

ОБСУЖДЕНИЕ. Полученные данные вскрывают социобиологический парадокс: эволюционное преимущество стереоскопического зрения утратило доминантную роль для 20,6 % выборки («Цифровая деформация»), чей ранний онтогенез совпал с экспансией 2D-интерфейсов. Это позволяет говорить в пользу гипотезы «экранного импринтинга» — закрепления монокулярных стратегий в качестве базового нейронного паттерна. Если у группы «Стереонорма» бинокулярная диспаратность выступает фасилитатором, увеличивая скорость трекинга на 23 %, то у группы «Цифровая деформация» наблюдается стереоскопическая ингибция: погружение в 3D-среду порождает сенсорный конфликт, превращающий бинокулярный сигнал в «шум» и снижающий скорость обработки информации на 20 %. Критически важным при этом является универсальное увеличение времени визуального поиска в монокулярном режиме (на 36–40 %), независимо от фенотипа, что свидетельствует о высокой когнитивной стоимости плоского восприятия: адаптация к экранам позволяет сохранять точность, но ограничивает темпоральную эффективность, создавая риски в профессиональной деятельности операторов сложных систем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Результаты подтверждают существование устойчивых паттернов сенсорного конфликта у части цифрового поколения. Метод 3D-МОТ валидизирован как интегральный маркер нейродинамики и высокоточный инструмент выявления рисков профессиональной дезадаптации, позволяющий оценивать скрытую когнитивную стоимость переключения между 2D- и 3D-средами.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, экранный импринтинг, 3D-МОТ, стереоскопическое зрение, нейродинамика, когнитивная стоимость, визуальные фенотипы, сенсорный конфликт, отслеживание множественных объектов, «Цифровая деформация»

*Для корреспонденции: Першина Елена Игоревна, e-mail: pershina.ei@inbox.ru

*For correspondence: Elena I. Pershina, e-mail: pershina.ei@inbox.ru

© Авторы, 2026. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины» Федерального медико-биологического агентства. Данная статья распространяется на условиях открытого доступа в соответствии с лицензией CCBY-NC-SA 4.0 («Attribution-NonCommercial-ShareAlike» / «Атрибуция-Некоммерчески-Сохранение Условий» 4.0), которая разрешает ее неограниченное некоммерческое использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при указании автора и источника. Чтобы ознакомиться с полными условиями данной лицензии на русском языке, посетите сайт: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.ru>

Для цитирования: Першина Е. И., Савин Д. Н., Епифановский Е. С., Трухина Д. Ю. Сравнительный анализ нейродинамики зрительного восприятия в стереоскопических и монокулярных средах: визуально-когнитивные фенотипы «цифрового поколения» // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 3. С. 112–124, <https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-112-124>; EDN: <https://elibrary.ru/VEUKIE>

For citation: Pershina E. I., Savin D. N., Epifanovsky E. S., Trukhina D. Yu. Comparative analysis of neurodynamics of visual perception in stereoscopic and monocular environment: visual-cognitive phenotype of “digital generation” // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 3. P. 112–124, <https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-112-124>; EDN: <https://elibrary.ru/VEUKIE>

COMPARATIVE ANALYSIS OF NEURODYNAMICS OF VISUAL PERCEPTION IN STEREOSCOPIC AND MONOCULAR ENVIRONMENT: VISUAL-COGNITIVE PHENOTYPE OF “DIGITAL GENERATION”

¹Elena I. Pershina*, ²Dmitry N. Savin, ²Evgeny S. Epifanovsky, ¹Daria Yu. Trukhina

¹ Center for Industrial and Marine Medicine of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, Saint Petersburg, Russian Federation

² Sports Innovation Research and Technology Company, Moscow, Russian Federation

INTRODUCTION. Mass early digitalization is creating a new ecological niche in which the human visual-cognitive system develops under conditions of dominance of two-dimensional (2D) stimuli.

OBJECTIVE. The study tests the Screen Imprinting Hypothesis, which suggests that intense visual experience with screens may lead to specific functional adaptations of the visual-cognitive system that suppress natural stereoscopic perception mechanisms.

MATERIALS AND METHODS. The study involved 63 first-year technical university students aged 18 years and older. The multiple object tracking (MOT) method was used in two modes: stereoscopic (3D-MOT) and monocular (2D-MOT). Three key metrics were recorded: the integrated MOT score, tracking speed limits (average and maximum speeds, m/sec), and object selection time (sec).

RESULTS. The comparative analysis revealed a paradox: despite a significant increase in the integral MOT indicator in 3D mode ($p < 0.01$), there were no significant differences in average speed limits across the entire sample ($p > 0.05$). Stratifying the sample according to the relative increase in efficiency ($\Delta\%$) made it possible to resolve this contradiction and identify three discrete phenotypes: 1) “Stereonorm” (40% of the sample) - demonstrates the effect of facilitation (increase in speed in 3D); 2) “Neutral” (40% of the sample) - demonstrate kinematic invariance; 3) “Digital deformation” (20% of the sample) - characterized by an inhibition effect (reduced speed in 3D) and a critical increase in choice time (cognitive cost) during the transition to volumetric perception.

DISCUSSION. The obtained data reveal a sociobiological paradox: the evolutionary advantage of stereoscopic vision lost its dominant role for 20.6% of the sample (“Digital Deformation”), whose early ontogenesis coincided with the expansion of 2D interfaces. This supports the “screen imprinting” hypothesis—the consolidation of monocular strategies as a basic neural pattern. While binocular disparity acts as a facilitator in the “Stereonorm” group, increasing tracking speed by 23%, the “Digital Deformation” group exhibits stereoscopic inhibition: immersion in a 3D environment generates sensory conflict, transforming the binocular signal into “noise” and reducing information processing speed by 20%. Critically important here is the universal increase in visual search time in monocular mode (by 36–40%), regardless of phenotype, which indicates a high cognitive cost of flat perception: adaptation to screens allows maintaining accuracy, but limits temporal efficiency, creating risks in the professional activities of operators of complex systems.

CONCLUSION. The results confirm the existence of stable patterns of sensory conflict in some of the digital generation. The 3D-MOT method has been validated as an integral marker of neurodynamics and a highly accurate tool for identifying risks of professional maladjustment, allowing for the assessment of the hidden cognitive costs of switching between 2D and 3D environments.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, screen imprinting, 3D-MOT, stereoscopic vision, neurodynamics, cognitive cost, visual phenotypes, sensory conflict, multiple object tracking, digital deformation

Введение. Бинокулярное стереоскопическое зрение, закрепившееся в филогенезе *Homo sapiens*, является фундаментальным адаптационным механизмом. Эволюционное преимущество, обеспечиваемое способностью мгновенно оценивать глубину сцены и прогнозировать траектории объектов в трехмерном пространстве, стало критическим фактором выживания,

оптимизируя визуомоторные реакции и точность манипуляций в физической среде.

Современный этап антропогенеза характеризуется беспрецедентной трансформацией визуальной среды. Отечественные исследователи [1] отмечают феномен ранней цифровизации, когда гаджеты, выполняя функцию «цифровой соски» (digital pacifier), замещают физическую

активность и сенсомоторное взаимодействие с реальными трехмерными объектами уже в возрасте до 4 лет.

Данные международной статистики подтверждают глобальный характер этого тренда. Согласно *Common Sense Census* [2], в США около 40% детей начинают активное взаимодействие с дисплеями в возрасте 2–3 лет — в критический период нейропластичности, когда формирование бинокулярных нейронных ансамблей еще не завершено. Исследования в странах Латинской Америки [3] также выявили значимую корреляцию между ранней экспозицией экранного времени и отклонениями в когнитивном развитии.

Согласно данным М. Plourde и соавт. [4], в детском и подростковом возрасте наблюдается статистически менее выраженная разница между эффективностью трекинга в стереоскопических (3D) и монокулярных (2D) условиях по сравнению со взрослыми, что связано с незавершенностью созревания интегративных механизмов зрительной коры. Подобная динамика является возрастной нормой и отражает процесс постепенного становления способности извлекать перцептивное преимущество из бинокулярной диспаратности в задачах с высокой динамической нагрузкой.

Однако необходимо учитывать контекст глобальных технологических сдвигов. Начиная с 2010 г., когда портативные сенсорные устройства стали массово доступны, структура визуального опыта претерпела радикальную трансформацию. Когорту детей и подростков, рожденных после 2007 г., можно определить как первое поколение, чей зрительный анализатор проходит онтогенез в условиях доминирования плоскостных цифровых стимулов с самых первых лет жизни.

Мы полагаем, что в новой цифровой экологической нише естественная возрастная нейропластичность становится фактором риска. Если в норме временная толерантность к монокулярному восприятию преодолевается по мере созревания коры, то агрессивная ранняя экспансия экранного опыта может закрепить эту «временную меру» как устойчивый нейронный паттерн. На основании этого мы выдвигаем гипотезу «экранного импринтинга» (Screen Imprinting Hypothesis): интенсивное взаимодействие с 2D-дисплеями в сенситивные периоды развития приводит к функциональной ре-

организации зрительной коры (зон V3A и V5/MT), формируя специфическую адаптацию — приоритетную обработку динамики на основе монокулярных признаков при подавлении естественного стереоскопического восприятия.

Цель. В исследовании проверена гипотеза «экранного импринтинга», согласно которой интенсивный визуальный опыт взаимодействия с экранами может приводить к специфической функциональной адаптации зрительно-когнитивной системы, подавляющей естественные механизмы стереоскопического восприятия.

Материалы и методы. Участники исследования и характеристика выборки.

Исследование выполнено в дизайне одномерного (поперечного) сравнительного анализа (cross-sectional comparative study).

Формирование выборки: набор участников осуществлялся методом сплошной выборки (consecutive sampling) среди студентов первого курса технического университета (Санкт-Петербург), соответствующих критериям включения:

- возрастной диапазон 18–19 лет (2006–2005 гг. рождения), что соответствует периоду завершения позднего подросткового онтогенеза;
- наличие медицинского допуска к обучению (форма 086/y);
- отсутствие офтальмологических патологий, препятствующих бинокулярному слиянию (фузии) и работе с дисплейными системами.

Структура выборки по гендерному признаку была изоморфна половой структуре генеральной совокупности первокурсников технического университета: 74 % — юноши, 26 % — девушки.

Обоснование объема выборки: финальный объем выборки составил $n = 63$. Априорный расчет статистической мощности (a priori power analysis) для обнаружения среднего размера эффекта (Cohen's $d = 0,5$) при уровне значимости $\alpha = 0,05$ и мощности $(1-\beta) = 0,80$ показал минимально необходимый объем $n = 54$. Таким образом, выборка ($n \geq 60$) является достаточной для обеспечения валидности статистических выводов и минимизации вероятности ошибок второго рода.

Аппаратура и параметры стимуляции. Стимуляцию осуществляли посредством программно-аппаратного комплекса «Сила внимания». Аппаратная часть реализована на базе автономной VR-гарнитуры Pico 4 Ultra™. Про-

граммная среда — специализированное ПО «VR Сила внимания™» (свидетельство о госрегистрации № 2025660637).

Методической основой комплекса является парадигма 3D-MOT (Three-Dimensional Multiple Object Tracking), описанная Pylyshyn & Storm [5]. Данный метод признан «золотым стандартом» для оценки ресурсов рабочей памяти и динамического визуального внимания [6] и активно применяется в спорте высших достижений, образовании, программах когнитивного долголетия и нейрореабилитации.

Характеристики виртуальной среды:

рабочее пространство: прозрачный параллелепипед с метрическими параметрами 3,5 м (ширина) × 2,2 м (высота) × 1,5 м (глубина);

- стимульный материал: 4 целевых объекта и 4 дистрактора (сферы диаметром 0,3 м), перемещающиеся в условиях виртуальной невесомости;

- дистанция обзора: 3,8 м от точки наблюдения до центра сцены;

- угловые параметры (FOV): поле зрения охватывает ~49° по горизонтали и ~32° по вертикали;

- угловой размер объектов составляет ~4,5°, что обеспечивает их устойчивую детекцию как центральным, так и периферическим зрением.

Технические характеристики дисплеев VR-гарнитуры Pico 4 Ultra™: разрешение 2160 × 2160 пикселей на глаз, частота обновления 90 Гц, общий угол обзора по горизонтали 105°.

Перед каждой сессией проводили индивидуальную калибровку межзрачкового расстояния (IPD) для обеспечения корректной стереоскопической фузии.

Экспериментальные условия. Для экспериментальной верификации гипотезы был разработан протокол «глубокой сенсорной диссоциации», реализуемый через два контрастных режима визуализации:

А. Режим «3D-MOT» (стереоскопический): стандартный VR-режим. На левый и правый глаз подаются изображения с угловым смещением (бинокулярный параллакс), соответствующим индивидуальному IPD испытуемого. Зрительная кора использует бинокулярную диспаратность для автоматического расчета глубины динамической сцены.

Б. Режим «2D-MOT» (псевдообъемная среда): реализован принцип бинокулярного предъявления — на оба глаза подается идентичное изобра-

жение (нулевой параллакс). При этом полностью сохранены монокулярные признаки глубины: линейная перспектива, относительные размеры, окклюзия (взаимное перекрытие), текстурный градиент и динамические тени.

Для исключения артефактов сравнения использовали унифицированную модель цифровой визуализации (рендеринга). В 2D-режиме объекты формально являются плоскими фигурами (т. н. «спрайтами»), однако благодаря высококачественным текстурам, а также динамическому освещению и масштабированию (изменению угловых размеров при движении по оси Z) они визуально неотличимы от полигональных 3D-сфер.

Критическим аспектом валидности сравнения является использование единого программного модуля физической симуляции. Система рассчитывает движение и столкновения объектов на основе модели многослойной сферической аппроксимации (stack of discs) с учетом мнимого радиуса. Это обеспечивает полную кинематическую идентичность процессов в обеих средах (параметры упругого отскока, сохранение импульса, траектории), исключая влияние на вычисление результатов MOT-тестов и позволяя испытуемому при выполнении задачи опираться исключительно на монокулярные признаки глубины.

Программная архитектура тестов MOT (комплекс «Сила внимания™») базируется на стохастической модели генерации стимулов, включающей квазислучайную инициализацию стартовых позиций и квазихаотичную динамику траекторий движения объектов. Расчет сложности выходит за рамки линейного анализа скорости и базируется на непрерывном мониторинге пространственно-временной конфигурации целей (включая анализ попарных дистанций и плотности перекрытий в каждый момент времени), что обеспечивает высокую чувствительность метода. Несмотря на то что стохастическая природа движения (вариативность траекторий) исключает абсолютную идентичность весовых коэффициентов сложности в единичных раундах, на репрезентативных выборках метод демонстрирует устойчивую статистическую эквивалентность. Это обеспечивает высокую ретестовую надежность и корректную сопоставимость психометрических данных, полученных в 2D- и 3D-модальностях.

Экспериментальный дизайн и процедура тестирования. В исследовании применялся сбалансированный внутрисубъектный дизайн (within-subject design). Все участники ($n = 63$) проходили тестирование в обоих режимах. Для контроля эффектов последовательности (научения и утомления) порядок предъявления тестов был рандомизирован: 50 % выборки начинали сессию с 3D-MOT, 50 % — с 2D-MOT.

Общая продолжительность одного теста составляла 7 мин. Между тестами был предусмотрен фиксированный интервал отдыха длительностью 60 сек.

Протокол: каждый тест включал 2 пробных и 20 зачетных раундов. Стартовая скорость движения объектов в первых раундах была стандартизирована на уровне 0,7 м/сек. Для регуляции нагрузки использовали алгоритм «когнитивной обратной связи» — адаптивную процедуру лестничного типа (staircase method), основанную на психофизических принципах [7]. При безошибочном ответе скорость в следующем раунде увеличивалась, при ошибке — снижалась. Это позволяло удерживать сложность задачи на уровне индивидуального порога максимальных возможностей испытуемого.

Фазовая динамика: каждый раунд представлял собой дискретную последовательность четырех когнитивных фаз (рис. 1), реализующих классическую парадигму MOT [5]:

Фаза кодирования и пространственной индексации (4 сек). В виртуальном пространстве генерируется массив из 8 идентичных по размеру сферических объектов, движущихся по квазихаотичным траекториям. Для инициализации задачи 4 целевых объекта маркируют цветовым кодом (красный цвет), остальные 4 выступают в роли дистракторов (желтый цвет). В течение этого временного интервала испытуемый должен сфокусировать визуальное внимание одновременно на всех целевых объектах.

Фаза динамического трекинга (8 сек). Целевые объекты меняют цвет на нейтральный желтый, становясь визуально неотличимыми от дистракторов. Все 8 объектов продолжают движение по стохастическим траекториям с заданной в раунде скоростью, испытывая окклюзии и упругие соударения друг с другом и со стенками параллелепипеда, ограничивающего рабочее пространство. Задача испытуемого — удерживать целевые объекты в фокусе визуального внимания.

Фаза ответа и верификации. Движение всех объектов останавливается. Испытуемый должен идентифицировать четыре целевых объекта (изначально красные сферы) посредством контроллера VR-гарнитуры. Время на принятие решения не ограничено, что позволяет минимизировать моторные ошибки.

Фаза обратной связи и подкрепления. После завершения выбора система осуществляет мгновенную визуализацию точности ответов (visual feedback). Истинные целевые объекты демаскируются (возвращают исходный цветовой маркер), позволяя оператору сопоставить свой перцептивный прогноз с реальностью.

Корректно идентифицированные цели подсвечиваются позитивным стимулом (зеленый ореол). Ошибочно выбранные дистракторы или пропущенные цели маркируются негативным стимулом (красный ореол). Данный этап обеспечивает активацию нейрокогнитивных механизмов мониторинга ошибок и является необходимым условием для калибровки внутренних прогностических моделей испытуемого. Результат этой фазы (успех/неудача) служит триггером для адаптивного алгоритма (staircase procedure), который автоматически повышает или понижает скорость движения объектов в следующем раунде.

Регистрируемые показатели. Сбор данных осуществляли автоматически с дискретностью 90 Гц. Для анализа были использованы следующие метрики:

- интегральный показатель MOT (баллы) — условная композитная величина, рассчитываемая по валидированному запатентованному алгоритму. Представляет собой взвешенную сумму параметров динамической сложности сцены (учитывающей скорость, плотность окклюзий и траекторную энтропию) и результативности оператора. Показатель позволяет оценить комплексную количественную эффективность выполнения перцептивно-когнитивной задачи мультиобъектного слежения;

- скоростные лимиты (м/сек) — кинематические характеристики, отражающие предельную скорость движения объектов, при которой испытуемый способен успешно выполнять задачу мультиобъектного слежения с заданной точностью. Регистрировались средняя скорость трекинга за 20 раундов теста и максимальная скорость, достигнутая в ходе адаптивной лестничной процедуры;

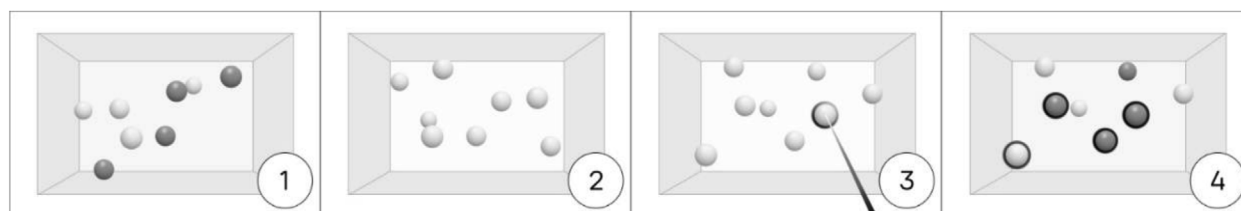


Рис. 1. Фазы MOT-теста (комплекс «Сила внимания™»), пояснения в тексте
Fig. 1. Phases of the MOT test (Power of Attention™ complex), explanations in the text

- время выбора (сек) — хронометрический показатель, включающий латентный период идентификации целевых объектов после остановки движения и моторный компонент выбора целей. Система также фиксировала время когнитивной коррекции (феномен «изменения решения» при отмене выбора), что отражает уровень уверенности испытуемого.

Методы математической статистики. Статистическую обработку данных, очистку и разведочный анализ (EDA) проводили с использованием программной среды Python 3.10 (библиотеки *Pandas*, *NumPy*, *SciPy*). Визуализация результатов выполнена с применением библиотек *Matplotlib* и *Seaborn*.

Препроцессинг и описательная статистика. Перед выбором статистических критериев осуществляли проверку нормальности распределения количественных переменных с использованием критерия Шапиро–Уилка (Shapiro–Wilk test).

Для переменных с нормальным распределением данные представлены в формате $M \pm SD$, где M — среднее арифметическое, SD — стандартное отклонение. Для показателей, распределение которых достоверно отличалось от нормального, использовали медиану и интерквартильный размах (Me [Q1; Q3]).

Для нивелирования индивидуальных различий в базовом уровне подготовки и стратификации выборки рассчитывался показатель относительного прироста эффективности (Δ , %):

$$\Delta, \% = \frac{MOT_{3D} - MOT_{2D}}{MOT_{2D}} \cdot 100 \%,$$

где MOT_{3D} — значение интегрального показателя в 3D-реде;

MOT_{2D} — значение интегрального показателя в 2D-реде.

Проверка статистических гипотез. Для оценки достоверности различий применяли следующие критерии.

Сравнительный анализ зависимых выборок: сопоставление показателей эффективности и кинематики между 3D- и 2D-режимами (внутрисубъектный дизайн) проводили с помощью парного t -критерия Стьюдента для параметрических данных. В случаях нарушения нормальности распределения использовали T -критерий знаковых рангов Вилкоксона.

Корреляционный анализ: линейную связь между баллами интегрального показателя MOT и скоростными лимитами оценивали с расчетом коэффициента корреляции Пирсона (r).

Анализ асимметрии адаптации: для сравнения выраженности физиологического сдвига между полярными фенотипическими группами (дихотомия «Стереонорма» — «Цифровая деформация») сопоставляли магнитуды (абсолютные значения модуля) эффекта (Δ , %) с использованием t -критерия Стьюдента для независимых выборок.

Визуализация и уровень значимости: критический уровень значимости при проверке нулевых гипотез принимали равным $p < 0,05$. Для графического представления индивидуальных профилей адаптации использовали каскадные диаграммы, для анализа дисперсии показателей внутри групп — диаграммы размаха.

Организация исследования и этические аспекты. Сбор эмпирических данных был проведен на базе Центра промышленной и морской медицины (ФГБУ СЗОНКЦ им. Л. Г. Соколова ФМБА России) в рамках пилотного внедрения виртуальной когнитивной лаборатории «Сила внимания».

Исследование выполнено в ходе планового первичного медицинского осмотра студентов. Все процедуры соответствовали этическим стандартам Хельсинкской декларации. Все участники подписали информированное согласие; данные были деперсонифицированы (анонимизированы) перед статистической обработкой.

Результаты. *Общий анализ и эффект маскировки.* Первичный сравнительный анализ, проведенный на уровне генеральной совокупности ($n = 63$), выявил статистически достоверное преимущество стереоскопического режима восприятия по интегральному показателю MOT — комплексной количественной оценке эффективности выполнения перцептивно-когнитивной задачи мультиобъектного слежения. Среднее значение в 3D-среде составило $228,4 \pm 68,1$ балла против $212,4 \pm 59,2$ балла в 2D-среде (парный t -критерий; $p = 0,0015$). Данный факт подтверждает базовую гипотезу об эволюционной детерминированности бинокулярного зрения как оптимального механизма для обработки динамических пространственных сцен. Однако анализ кинематических параметров (скоростных лимитов трекинга) выявил парадоксальную картину (табл. 1). Несмотря на различие в интегральных баллах MOT, усредненные показатели скорости движения объектов не продемонстрировали статистически значимых различий между условиями:

максимальная скорость: 1,65 м/сек (3D)
и 1,60 м/сек (2D) ($p = 0,222$);
средняя скорость: 1,21 м/сек (3D)
и 1,16 м/сек (2D) ($p = 0,078$).

Наблюдаемая диссоциация между ростом интегрального показателя MOT и отсутствием значимого прироста скорости на популяционном уровне свидетельствует о наличии феномена статистической маскировки. Мы полагаем, что отсутствие различий в средних величинах является статистическим артефактом, возникающим вследствие взаимного погашения двух мощных, но разнонаправленных физиологических векторов внутри выборки: выраженной фасилитации

(ускорения) трекинга у одной части респондентов и его ингибции (замедления) у другой.

При этом выявлен универсальный эффект повышения «когнитивной стоимости» деятельности в монокулярной среде. Вне зависимости от успешности выполнения задачи время, затрачиваемое на поиск и выбор целей в 2D-режиме, достоверно увеличилось на 38,3 % (с 64,8 сек до 89,7 сек; $p < 0,001$). Это указывает на то, что в условиях отсутствия бинокулярной диспаратности зрительная система вынуждена компенсировать дефицит пространственной информации за счет более длительной верификации объектов, реализуя стратегию «скоростно-временного компромисса».

Таким образом, анализ усредненных данных по выборке скрывает (маскирует) истинную нейродинамическую картину, что диктует необходимость перехода от популяционного анализа к стратифицированному рассмотрению фенотипических групп.

Феноменология профилей восприятия: асимметрия адаптации и стратификация. Детальный анализ индивидуальных траекторий изменения интегрального показателя MOT (Δ %) позволил выявить фундаментальную асимметрию физиологических лимитов при смене визуальных сред. Нами установлено, что потенциал позитивной нейропластичности (усиление функций в 3D) существенно превышает глубину негативной дезадаптации (снижение функций).

Магнитуда максимального положительного прироста интегрального показателя MOT в выборке достигает +59,3 %, тогда как максимальное снижение ограничено пределом -35,2 %. Аналогичная диспропорция наблюдается и в средних

Таблица 1

Сравнительная статистика показателей интегрального показателя MOT и нейродинамики трекинга в стереоскопической (3D) и монокулярной (2D) средах (общая выборка, $n = 63$)

Table 1

Comparative statistics of the integral MOT and neurodynamics tracking indicators in stereoscopic (3D) and monocular (2D) environments (total sample, $n = 63$)

Параметр	3D-режим ($M \pm SD$)	2D-режим ($M \pm SD$)	Значимость (p, t -test)
Интегральный показатель эффективности MOT (баллы)	$228,3 \pm 65,3$	$212,4 \pm 55,5$	0,0015
Максимальная скорость (м/сек)	$1,65 \pm 0,48$	$1,60 \pm 0,40$	0,222 (ns)
Средняя скорость (м/с)	$1,21 \pm 0,34$	$1,16 \pm 0,30$	0,078 (ns)
Время выбора (сек)	$64,8 \pm 10,0$	$89,7 \pm 16,9$	< 0,001

величинах эффекта: средний прирост в группе фасилитации (+ 26,7 %) почти в 1,7 раза превышает модуль среднего спада в группе ингибции |-15,9 %). Данная асимметрия подтверждает, что стереоскопическое зрение является эволюционно детерминированным оптимумом с широким диапазоном потолка адаптации, в то время как доминирование плоскостного восприятия — субоптимальной стратегией с жестким функциональным пределом (рис. 2).

Выявленная асимметрия, а также учет стандартной ошибки измерения (SEM) определили необходимость введения нелинейной зоны то-

лерантности (шумового коридора).
Диапазон значений Δ от -5 до +10 % был квалифицирован как область функциональной инвариантности. Сдвиг вправо (до +10 %) в данном контексте интерпретируется как физиологическая норма (несущественное улучшение, не выходящее за пределы флуктуаций внимания), тогда как даже незначительный сдвиг влево (ниже -5 %) является маркером начала сенсорного конфликта.
На основании данных критериев была произведена стратификация выборки на три устойчивых фенотипических кластера (рис. 3).

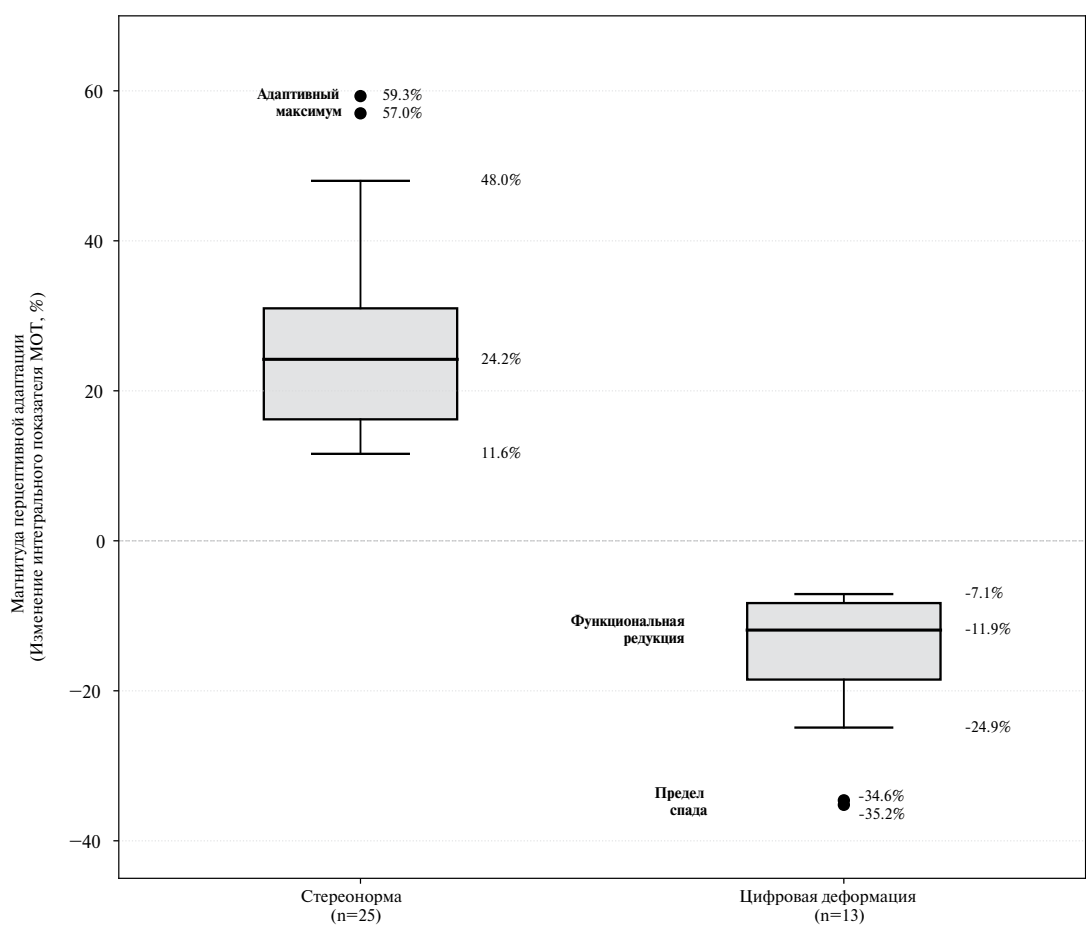


Рис. 2. Размах асимметрии адаптационных лимитов в полярных фенотипических группах. Визуализация сравнительного анализа магнитуды физиологического отклика в группах «Стереонорма» ($n = 25$) и «Цифровая деформация» ($n = 13$). Центральная линия — медиана (Me); границы «ящика» — интерквартильный размах [Q1; Q3]; «усы» — диапазон значений, не выходящих за пределы $1.5 \times \text{IQR}$; черные точки — индивидуальные статистические выбросы, отражающие экстремальные пределы перцептивной адаптации

Fig. 2. Boxplot of the asymmetry of adaptation limits in polar phenotypic groups. Visualization of a comparative analysis of the magnitude of the physiological response in the “Stereonorm” ($n = 25$) and “Digital Deformation” ($n = 13$) groups. The central line is the median (Me); the boundaries of the “box” are the interquartile range [Q1; Q3]; the “whiskers” are the range of values that do not exceed $1.5 \times \text{IQR}$; the black dots represent individual statistical outliers reflecting extreme limits of perceptual adaptation.

Группа «Стереонорма» / Стереодоминантные ($\Delta > +10\%$; $n = 25$; 39,7 % выборки). Испытуемые, демонстрирующие выраженный эффект стереоскопической фасилитации. Выполнение перцептивно-когнитивных задач в 3D-среде вызывает у них качественный скачок эффективности, выходящий за пределы случайной вариативности.

Группа «Нейтральные» / Универсалы ($-5\% < \Delta < +10\%$; $n = 25$; 39,7 % выборки). Когорта с высокой перцептивной ригидностью или сформированной амбивалентностью. Их перцептивно-когнитивная система демонстрирует инвариантность к типу стимуляции, не извлекая значимого преимущества из объема, но и не испытывая конфликта.

Группа «Цифровая деформация» / 2D-доминантные ($\Delta < -5\%$; $n = 13$, 20,6 % выборки). Испытуемые, характеризующиеся инвертированной реакцией. Погружение в естественную для человека стереоскопическую среду вызывает достоверное снижение эффективности, что сви-

детельствует о закрепленной адаптации к плоскостным стимулам («экранный импринтинг»).

Такая структура выборки доказывает, что способность эффективно оперировать в трехмерном виртуальном пространстве не является универсальной константой для современной популяции, а зависит от специфического профиля нейропластичности.

Сравнительный анализ кинематики трекинга и когнитивной стоимости. Проведенный стратифицированный анализ позволил выявить фундаментальные различия в нейродинамике обработки визуальной информации между выделенными фенотипическими группами. Результаты сравнения максимальных скоростных лимитов и времени принятия решения представлены в табл. 2.

Анализ данных демонстрирует два ключевых нейрофизиологических паттерна:

1. Феномен кинематической дивергенции.

Скоростные лимиты трекинга демонстрируют разнонаправленную динамику, подтверж-

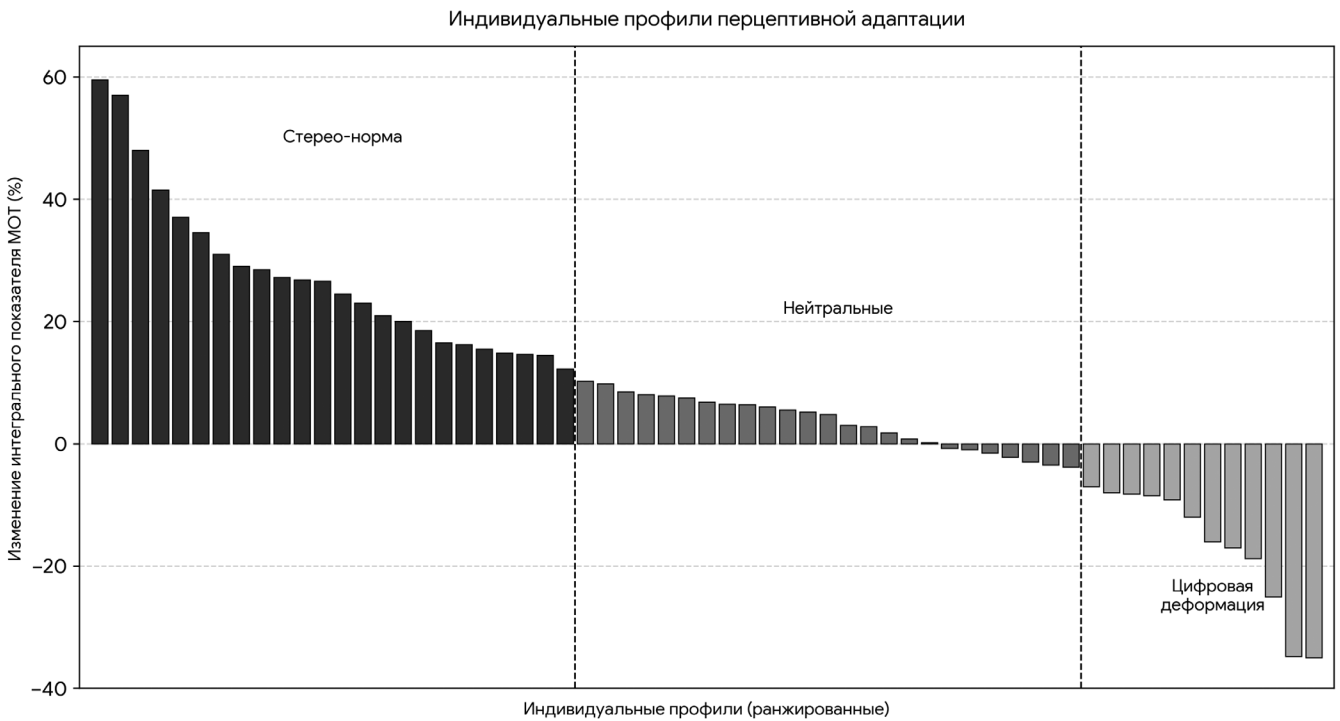


Рис. 3. Каскадная диаграмма распределения индивидуальных профилей перцептивной адаптации. Цветовая кодировка и пунктирные линии маркируют границы фенотипических кластеров: черная зона (слева) — группа «Стереонорма»; темно-серая зона (середина) — группа «Нейтральные»; светло-серая зона (справа) — группа «Цифровая деформация» (пояснения в тексте).

Fig. 3. Cascade diagram of the distribution of individual profiles of perceptual adaptation. Color coding and dotted lines mark the boundaries of the phenotypic clusters: the black zone (left) is the “Stereo-Norm” group; the dark gray zone (middle) is the “Neutral” group; the light gray zone (right) is the “Digital Deformation” group (see text for explanation).

дая гипотезу о противоположном влиянии стереоскопии на разные фенотипы:

В группе «Стереонорма» бинокулярная среда выступает мощным фасилитатором, обеспечивая прирост предельной скорости обработки динамической сцены на 23,4 % ($p < 0,001$).

В группе «Цифровая деформация», напротив, наблюдается ингибция: переход в 3D вызывает достоверное снижение скоростного порога на 20,3 % ($p < 0,001$).

Группа «Нейтральные» демонстрирует кинематическую инвариантность ($p > 0,05$), что указывает на устойчивость механизмов трекинга к смене модальности, однако без получения преимуществ от объема.

2. Универсальность повышения когнитивной стоимости.

В отличие от скоростных показателей, хронометрические метрики демонстрируют односторонний тренд для всей выборки. В 2D-режиме зафиксировано статистически значимое увеличение времени поиска и выбора целей во всех трех группах ($p < 0,001$): на + 36,7 % — у «Стереонормы» и на + 39,8 % — у «Нейтральных».

Особого внимания заслуживает тот факт, что даже представители группы «Цифровая деформация», которые кинематически успеш-

нее справляются с задачей в 2D (поддерживают более высокую скорость — 1,48 м/с против 1,18 м/с), тратят на верификацию ответов на плоскости значительно больше времени ($\Delta + 25,9$ с). Это позволяет сделать вывод о высокой когнитивной стоимости монокулярного восприятия. Независимо от сформированного паттерна адаптации, отсутствие прямой информации о глубине (бинокулярной диспаратности) вынуждает мозг задействовать ресурсоемкие компенсаторные механизмы реконструкции пространства (анализ линейной перспективы, относительных размеров объектов, теней и перекрытий), что неизбежно приводит к временным задержкам на этапе принятия решения. Таким образом, даже при успешной адаптации к 2D («цифровой фенотип»), эффективность достигается ценой истощения временного ресурса.

Обсуждение. Социобиологический парадокс: феномен инвертированного восприятия. Полученные нами данные вскрывают фундаментальный социобиологический парадокс. Эволюционная теория постулирует, что стереоскопическое зрение, обеспечивающее мгновенную экстракцию информации о глубине, является безусловным адаптивным преимуществом Homo sapiens. Однако результаты нашего исследования демонстрируют, что для

Таблица 2

Динамика кинематических параметров и времени выбора объектов в зависимости от условий предъявления ($M \pm SD$)

Table 2 Dynamics of kinematic parameters and object selection time depending on the presentation conditions ($M \pm SD$)					
Фенотипическая группа	Параметр	3D-режим (стерео)	2D-режим (монокуляр)	$\Delta (M_{3D} - M_{2D})$	p
Стерео-норма ($n = 25$)	Макс. скорость (м/сек)	$1,90 \pm 0,48$	$1,54 \pm 0,42$	+ 0,36	< 0,001
	Время выбора (с)	$63,9 \pm 9,7$	$87,3 \pm 15,6$	+ 23,4	< 0,001
Нейтральные ($n = 25$)	Макс. скорость (м/сек)	$1,64 \pm 0,40$	$1,71 \pm 0,43$	- 0,07	0,134
	Время выбора (сек)	$64,6 \pm 9,2$	$90,3 \pm 19,0$	+ 25,7	< 0,001
Цифровая деформация ($n = 13$)	Макс. скорость (м/сек)	$1,18 \pm 0,25$	$1,48 \pm 0,26$	- 0,30	< 0,001
	Время выбора (сек)	$67,1 \pm 12,3$	$93,0 \pm 15,7$	+ 25,9	< 0,001

20,6 % выборки (группа «Цифровая деформация») этот эволюционный механизм утратил свою доминантную роль.

Мы наблюдаем эффект нейропластической адаптации на популяционном уровне: когорта респондентов, чей ранний (2–3 года) онтогенез совпал с массовой экспансией сенсорных 2D-интерфейсов (2009–2010 гг.), демонстрирует устойчивую инверсию перцептивного преимущества. Для каждого пятого студента технического вуза естественная трехмерная среда является менее комфортной и продуктивной, чем ее плоская проекция. Это позволяет нам формализовать гипотезу «экранного импринтинга»: интенсивная ранняя стимуляция плоскими динамическими образами приводит к закреплению монокулярных стратегий обработки движения (structure-from-motion) в качестве базового нейронного паттерна, функционально подавляя стереоскопические механизмы.

Нейрокогнитивные механизмы. Дивергенция кинематических показателей (см. табл. 2) позволяет реконструировать нейрофизиологическую природу выявленного дефицита.

У группы «Стереонорма» бинокулярная диспаратность действует как фасилитатор, предоставляя зрительной коре дополнительную пространственную координату (ось Z — глубина визуальной сцены). Это снижает эффект «скупченности» (crowding effect) на сетчатке и позволяет эффективно сегрегировать цели, увеличивая предельную скорость трекинга на 23 %.

В группе «Цифровая деформация» наблюдается обратный процесс — стереоскопическая ингибция. Мы полагаем, что при погружении в 3D-среду зрительная система данных испытуемых сталкивается с сенсорным конфликтом (вергенционно-аккомодационным несоответствием или конкуренцией между монокулярными и бинокулярными сигналами). Обработка конфликтующей информации о глубине требует дополнительных ресурсов внимания, отвлекая их от основной задачи трекинга. В терминах теории когнитивной нагрузки (cognitive load theory) бинокулярный сигнал становится для них не «полезным сигналом», а «шумом», что вынуждает мозг снижать скорость обработки информации на 20 % для сохранения контроля над ситуацией.

Группа «Нейтральные», несмотря на отсутствие выраженного сенсорного конфликта, характеризуется ригидностью адаптивных

механизмов. Отсутствие значимого прироста эффективности в 3D-среде в сочетании с тенденцией к снижению абсолютных показателей результативности (на 11,7 % ниже группы «Стереонорма») не позволяет отнести данный фенотип к физиологическому оптимуму, сближая его с проявлениями скрытой цифровой деформации.

Когнитивная стоимость адаптации. Критически важным является обнаруженный нами факт универсального повышения времени визуального поиска и выбора объектов в монокулярном режиме. Независимо от фенотипа, переход в 2D-среду приводит к увеличению латентного периода выбора целей на 36–40 % (в среднем на 25 сек).

Даже представители «цифрового фенотипа», которые демонстрируют высокую кинематическую эффективность на плоскости (поддерживают скорость 1,48 м/сек), платят за этот результат высокую когнитивную цену. Это свидетельствует о том, что монокулярное восприятие глубины, основанное на вторичных признаках (тени, окклюзия, параллакс движения), является нейронально более затратным процессом, чем прямая стереоскопическая перцепция. Мозг вынужден выполнять постоянную «реконструкцию» объема, что неизбежно замедляет цикл принятия решений.

Следовательно, адаптация к плоским экранам является субоптимальной стратегией: она позволяет сохранять точность, но критически ограничивает темпоральную эффективность (время визуального поиска и скорость реакции), что представляет потенциальный риск в профессиональной деятельности операторов сложных систем.

Заключение. Проведенное исследование позволило экспериментально верифицировать гипотезу «экранного импринтинга» и продемонстрировать, что массовый ранний опыт взаимодействия с цифровыми интерфейсами приводит к функциональной гетерогенности современной популяции. Полученные данные опровергают представление об универсальности перцептивных реакций на виртуальные среды и доказывают наличие глубоких нейропластических изменений в механизмах обработки динамических сцен у поколения Digital Natives («Цифровые аборигены»).

На основании анализа эмпирических данных сформулированы следующие выводы:

1. Валидизация метода 3D-MOT как интегрального маркера зрительно-когнитивной нейродинамики.

В ходе исследования подтверждена высокая конструктивная валидность метода. Установленная жесткая линейная детерминация между эффективностью выполнения задачи и скоростными лимитами трекинга ($r > 0,95$) позволяет квалифицировать 3D-MOT как высокоточный инструмент измерения пропускной способности зрительного канала. При этом мультикомпонентная структура задачи (включающая фазы индексации, распределения внимания и верификации) дает основания рассматривать полученный интегральный показатель как комплексный маркер состояния зрительно-когнитивной системы в целом, диагностический потенциал которого в отношении других когнитивных функций (рабочая память, устойчивость к интерференции) будет детализирован в последующих исследованиях.

2. Идентификация устойчивых фенотипов восприятия.

Доказано существование трех дискретных фенотипических кластеров, характеризующихся дивергентными адаптационными стратегиями:

«Стереонорма» (40 % выборки): характеризуется эффектом *стереоскопической фасилитации* (прирост скорости трекинга на 23 % в 3D).

«Цифровая деформация» (20 % выборки): характеризуется эффектом *стереоскопической*

ингибции (снижение скорости на 20 % в 3D вследствие сенсорного конфликта).

«Нейтральные» (40 % выборки): характеризуется кинематической инвариантностью.

Выявление данной структуры доказывает, что способность эффективно оперировать в трехмерном пространстве более не является универсальной популяционной константой.

3. Обоснование необходимости когнитивной коррекции в инженерном образовании.

Установлено, что даже успешная адаптация к 2D-среде («цифровой фенотип») достигается ценой высокой когнитивной стоимости — увеличения времени визуального поиска и принятия решений на 38 %. Для профессиональной деятельности инженеров высокотехнологичных промышленных производств, объектов энергетики и транспортной инфраструктуры, летного состава и экипажей судов, диспетчеров управления воздушным движением, операторов беспилотных и роботизированных систем такая задержка является критическим фактором риска.

В связи с этим обоснована необходимость внедрения технологий типа 3D-MOT в образовательные программы технических вузов. Они должны применяться не только как диагностический инструмент (профессиональный отбор), но и как средство компенсаторного нейротренинга, направленного на восстановление механизмов стереоскопического зрения, снижение сенсорного конфликта и повышение скорости оперативного реагирования в реальных и виртуальных трехмерных средах.

Сведения об авторах

Першина Елена Игоревна — кандидат медицинских наук, главный врач Центра промышленной и морской медицины Федерального государственного бюджетного учреждения «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова» Федерального медико-биологического агентства России; Россия, 194291, Санкт-Петербург, пр-т Культуры, д. 4, литер а; ORCID: 0000-0003-1899-5192; SPIN: 1458-3530; e-mail: pershina.ei@inbox.ru.

Савин Дмитрий Николаевич — кандидат педагогических наук, главный эксперт, Спортивное новаторство; Россия, 127473, Москва, Селезневская ул, д. 22, помещ. 4/т; ORCID: 0009-0000-5075-3543; SPIN: 9164-5221; e-mail: savin.dn@sportnovators.ru.

Епифановский Евгений Сергеевич — генеральный директор, Спортивное новаторство; Россия, 127473, Москва, Селезневская ул., д. 22, помещ. 4/т; ORCID: 0009-0004-2885-2173; e-mail: epifanovsky.es@sportnovators.ru.

Трухина Дарья Юрьевна — заведующая отделением реабилитации Центра промышленной и морской медицины, «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова» Федерального медико-биологического агентства России; Россия, 194291, Санкт-Петербург, пр-т Культуры, д. 4, литер а; ORCID: 0009-0009-2924-5283; e-mail: dutruhina@mail.ru.

Горяинов Владислав Дмитриевич — техник сектора по сопровождению работы АРМ пользователей Центра промышленной и морской медицины, «Северо-Западный окружной научно-клинический центра имени Л. Г. Соколова» Федерального медико-биологического агентства России; Россия, 194291, Санкт-Петербург, пр-т Культуры, д. 4, литер а; ORCID: 0009-0004-0684-3866; e-mail: bvd24.01.2006@mail.ru.

Information about the authors

Elena I. Pershina — Cand. of Sci. (Med.), Chief Physician of the Center for Industrial and Marine Medicine of the Federal State Budgetary Institution of the North-Western District Scientific and Clinical Center named after L.G. Sokolov of the Federal Medical and Biological Agency of Russia; Russia, 194291, Saint Petersburg, Kultury Ave., 4, Liter a; ORCID: 0000-0003-1899-5192; SPIN: 1458-3530; e-mail: pershina.ei@inbox.ru.

Dmitry N. Savin — Cand. of Sci. (Pedagog.), Chief Expert of LLC Sportivnoye Innovatsiy; Russia, 127473, Moscow, Seleznevskaya Str., 22, room. 4/t; ORCID: 0009-0000-5075-3543; SPIN: 9164-5221; e-mail: savin.dn@sportnovators.ru.

Evgeny S. Epifanovsky — General Director of Sportivnoye Innovatsiy; Russia, 127473, Moscow, Seleznevskaya Str., 22, room. 4/t; ORCID: 0009-0004-2885-2173; e-mail: epifanovsky.es@sportnovators.ru.

Daria Yu. Trukhina — Head of the Rehabilitation Department of the Center for Industrial and Marine Medicine of the Federal State Budgetary Institution of the North-Western District Research and Clinical Center named after L. G. Sokolov of the Federal Medical and Biological Agency of Russia; Russia, 194291, Saint Petersburg, Kultury Ave., 4, Liter a; ORCID: 0009-0009-2924-5283; e-mail: dutruhina@mail.ru.

Vladislav D. Goryainov — Technician of the User Workstation Support Sector at the Center for Industrial and Marine Medicine of the Federal State Budgetary Institution of the North-Western District Research and Clinical Center named after L.G. Sokolov of the Federal Medical and Biological Agency of Russia; Russia, 194291, Saint Petersburg, Kultury Ave., 4, Liter a; ORCID: 0009-0004-0684-3866; e-mail: bvd24.01.2006@mail.ru

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция и дизайн исследования — Е. И. Першина, Д. Н. Савин; сбор первичных материалов и математический анализ данных — Е. С. Епифановский, Д. Ю. Трухина; подготовка рукописи — Е. И. Першина, Д. Н. Савин.

Contribution of the authors. All authors confirm that their authorship complies with the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, the conduct of the research, and the preparation of the article, and have read and approved the final version before publication).

Special contribution: EIP, DNS study concept and design. ESE, DYuT primary data collection and mathematical analysis. EIP, DNS manuscript preparation.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. The authors declare that they have no competing interests.

Благодарности: Авторы выражают искреннюю благодарность Владиславу Горьяинову за помощь в сборе данных.

Acknowledgements: The authors express their sincere gratitude to Vladislav Goryainov for his assistance in data collection.

Финансирование: исследование проведено без дополнительного финансирования.

Funding: the study was carried out without additional funding

Поступила/Received: 19.04.2026

Принята к печати/Accepted: 15.09.2026

Опубликована/Published: 30.09.2026

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Николаева Е. И., Исаченкова М. Л. Предикторы использования гаджетов детьми дошкольного возраста // *Теоретическая и экспериментальная психология*. 2022. Т. 15, № 4. С. 55–69 [Nikolaeva E. I., Isachenkova M. L. Predictors of Gadget Use by Preschool Children. *Theoretical and Experimental Psychology*, 2022, Vol. 15, No. 4, pp. 55–69 (In Russ.)].
2. Common Sense Media. *The Common Sense census: Media use by kids and tweens*, 2025.
3. Gago-Galvagno L. G., Elgier A. M., Tabullo A. J., Huairé-Inacio E. J., Herrera-Alvarez A. M., Zambrano-Villalba C., et al. Use of screens, books and adults' interactions on toddler's language and motor skills: A cross-cultural study among 19 Latin American countries from different SES. *PLoS ONE*, 2025, 20(2), e0314569. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0314569>.
4. Plourde M., Corbeil M.-E., Faubert, J. Effect of age and stereopsis on a multiple-object tracking task. *PLOS ONE*, 2017, 12(12), e0188373. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188373>.
5. Pylyshyn Z. W., Storm R. W. Tracking multiple independent targets: Evidence for a parallel tracking mechanism. *Spatial Vision*, 1988, 3(3), 179–197. <https://doi.org/10.1163/156856888X00122>.
6. Faubert J. Professional athletes are a distinct population in a neurodynamic top-down process. *Scientific Reports*, 3, Article 1154. <https://doi.org/10.1038/srep01154>.
7. Levitt H. Transformed up-down methods in psychoacoustics. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 1971, 49(2B), 467–477. <https://doi.org/10.1121/1.1912375>.

СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ СОТРУДНИКОВ ОРГАНОВ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ В РАЗЛИЧНЫХ ВОЗРАСТНЫХ КАТЕГОРИЯХ: СРАВНИТЕЛЬНОЕ АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

¹Н. М. Иванов, ^{1,2}Е. Г. Ичитовкина*, ³А. Г. Климзов

¹ Управление медицинского обеспечения Департамента по материально-техническому и медицинскому обеспечению Министерства внутренних дел Российской Федерации, Москва, Россия

² Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Россия

³ Центр военно-врачебной экспертизы Военного комиссариата, Санкт-Петербург, Россия

ЦЕЛЬ. Оценить состояние здоровья сотрудников органов внутренних дел (ОВД) Российской Федерации в различных возрастных категориях с учетом особенностей служебного опыта и прогноза возрастной динамики.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Проведено сравнительное аналитическое исследование на основе агрегированных медико-статистических данных ведомственной системы здравоохранения МВД России за период 2008–2024 гг. Проанализированы сводные отчеты медицинских организаций МВД России (форма № 3/МЕД), а также данные ежегодных профилактических и диспансерных медицинских осмотров. Состояние здоровья оценивали, распределив сотрудников по группам здоровья (1–3-я) в следующих возрастных категориях: до 30 лет, 31–35, 36–40, 41–45, 46–50 лет и старше 50 лет, с учетом стажа службы и участия или неучастия в боевых действиях. Использовали медико-статистические и сравнительные методы анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ. В структуре общей заболеваемости сотрудников ОВД Российской Федерации преобладали болезни органов дыхания, костно-мышечной системы и системы кровообращения. С увеличением возраста отмечено последовательное снижение доли практически здоровых сотрудников (1-я группа здоровья) — с 60,7–65,9 % в возрасте до 30 лет до 7,2–14,2 % среди лиц старше 50 лет при одновременном увеличении доли сотрудников, отнесенных к 3-й группе здоровья, с 2,4–1,5 % до 49,2 % среди участников боевых действий и 40,9 % среди сотрудников без боевого опыта. У сотрудников с опытом участия в боевых действиях указанные возрастные изменения были статистически значимо более выражены: в возрастной группе 46–50 лет доля лиц, отнесенных к 3-й группе здоровья, составила 37,1 % против 29,5 % среди сотрудников без боевого опыта ($p = 0,001$). Прогностическая оценка свидетельствует о дальнейшем росте доли сотрудников с хронической патологией в старших возрастных группах, достигающем 52–55 % среди участников боевых действий.

ОБСУЖДЕНИЕ. Полученные результаты свидетельствуют о том, что наличие опыта участия в боевых действиях у сотрудников ОВД Российской Федерации ассоциировано со специфическими особенностями распределения по группам здоровья в старших возрастных категориях. В этих возрастных группах у сотрудников с боевым опытом наблюдается более высокая доля лиц, отнесенных к 3-й группе здоровья, по сравнению с сотрудниками без такого опыта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Выявленные возрастные особенности распределения по группам здоровья и прогнозируемое увеличение доли сотрудников, отнесенных к 3-й группе здоровья, обосновывают необходимость дифференцированного подхода к медицинскому наблюдению и профилактическим мероприятиям с учетом возраста и стажа службы сотрудников ОВД Российской Федерации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, сотрудники органов внутренних дел; состояние здоровья; возрастные категории; группы здоровья; служебный опыт; медицинское обеспечение; хроническая патология; прогнозная оценка

*Для корреспонденции: Ичитовкина Елена Геннадьевна, e-mail: elena.ichitovckina@yandex.ru

*For correspondence: Elena G. Ichitovkina, e-mail: elena.ichitovckina@yandex.ru

Для цитирования: Иванов Н. М., Ичитовкина Е. Г., Климзов А. Г. Состояние здоровья сотрудников органов внутренних дел в различных возрастных категориях: сравнительное аналитическое исследование // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 3. С. 125–1330, <https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-125-133>; EDN: <https://elibrary.ru/DYXIPB>

© Авторы, 2026. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины» Федерального медико-биологического агентства. Данная статья распространяется на условиях открытого доступа в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 («Attribution-NonCommercial-ShareAlike» / «Атрибуция-Некоммерчески-Сохранение Условий» 4.0), которая разрешает ее неограниченное некоммерческое использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при указании автора и источника. Чтобы ознакомиться с полными условиями данной лицензии на русском языке, посетите сайт: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.ru>

For citation: Ivanov N. M., Ichitovkina E. G., Klimzov A. G. Health status of internal affairs employees in different age category: comparative analytical study // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 3. P. 125–133, <https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-00-00>; EDN: <https://elibrary.ru/DYXIPB>

HEALTH STATUS OF INTERNAL AFFAIRS EMPLOYEES IN DIFFERENT AGE CATEGORY: COMPARATIVE ANALYTICAL STUDY

¹Nikolay M. Ivanov, ^{1,2}Elena G. Ichitovkina*, ³Alexey G. Klimzov

¹Medical Support Directorate of the Department for Logistics and Medical Support of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, Moscow, Russia

²Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

³Center for Military Medical Examination, Military Commissariat, Saint Petersburg, Russia

OBJECTIVE. To assess the health state of employees of the bodies of internal affairs of the Russian Federation in different age categories considering the peculiarities of service experience and the forecast of age dynamics.

MATERIALS AND METHODS. A comparative analytical study was conducted on the basis of aggregated medical and statistical data of the departmental health system of the Ministry of Internal Affairs of Russia for the period 2008–2024. The summary reports of medical organizations of the Ministry of Internal Affairs of Russia (form No. 3/MED), as well as data of annual preventive and dispensary medical examinations were analyzed. Health status was assessed by distributing employees according to health groups (1–3rd) in the following age categories: under 30 years, 31–35, 36–40, 41–45, 46–50 years and older than 50 years, taking into account the length of service and not participating in the military in actions. We used medical-statistical and comparative analysis methods.

RESULTS. Diseases of the respiratory organs, musculoskeletal system and circulatory system predominated in the structure of the general morbidity of employees of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation. With increasing age, a consistent decrease in the proportion of practically healthy employees (health group 1) was observed—from 60.7–65.9 % in the age of 30 years to 7.2–14.2 % among persons over 50 years of age with a simultaneous increase in the percentage of employees included in health group 3, from 2.4–1.5 % to 49.2 % among combat veterans and 40.9 % among employees without combat experience. In employees with combat experience, the above-mentioned age changes were statistically significantly more pronounced: in the age group 46–50 years, the proportion of persons classified as health group 3 was 37.1% versus 29.5% among employees without combat experience ($p = 0.001$). Prognostic evaluation indicates a further increase in the proportion of service members with chronic pathology in older age groups, reaching 52–55 % among combat veterans.

DISCUSSION. The obtained results indicate that experience in participating in combat operations among employees of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation is associated with specific features of the distribution by health groups in older age categories. In these age groups, employees with combat experience have a higher proportion of persons classified as health group 3 compared to employees without such experience.

CONCLUSION. The identified age-distribution features across health groups and the projected increase in the proportion of employees assigned to health group 3 justify the need for a differentiated approach to medical surveillance and preventive measures considering the number of employees in the facility and the length of service Russian Federation.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, employees of internal affairs bodies; health status; age categories; health groups; service experience; medical care; chronic pathology; predictive evaluation

Введение. Сохранение и поддержание здоровья сотрудников органов внутренних дел (ОВД) Российской Федерации является одной из приоритетных задач ведомственного здравоохранения, напрямую связанной с обеспечением профессиональной надежности, устойчивости к служебным нагрузкам и готовности к выполнению оперативно-служебных задач [1]. Специфика деятельности сотрудников ОВД характеризуется высокой интенсивностью физических и психоэмоциональных нагрузок, нерегламентированным режимом труда и отдыха, а также воздействием факторов профессионального риска, кумулятивный эффект которых реали-

зуется по мере увеличения возраста и продолжительности службы [2].

Возраст является универсальной биологической и социально-профессиональной детерминантой, определяющей динамику функциональных резервов организма, формирование хронической патологии и необходимость медицинского наблюдения [3]. При этом возрастные изменения состояния здоровья у сотрудников ОВД могут иметь особенности, обусловленные спецификой служебной деятельности и различиями в характере профессиональных нагрузок [4].

В современных условиях возрастной состав кадровой структуры органов внутренних дел

претерпевает изменения под влиянием как демографических, так и институциональных факторов [5]. В Российской Федерации наблюдаются тенденции к увеличению продолжительности трудовой деятельности и расширению предельных возрастов пребывания на службе в ОВД. В последние годы нормативно-правовые изменения сделали возможным продление предельного возраста службы для разных категорий сотрудников вплоть до 55–65 лет в зависимости от специального звания, что отражает необходимость учета возрастного фактора при оценке состояния здоровья сотрудников ОВД в старших возрастных группах. Одновременно изменены возрастные ограничения при поступлении на службу, что позволяет привлекать на работу граждан более старшего возраста по сравнению с ранее установленными категориями [6]. Такие институциональные изменения происходят на фоне более широкого демографического процесса старения трудоспособного населения России и увеличения доли работников старших возрастов в общей структуре занятости. В совокупности эти факторы актуализируют необходимость исследования возрастных аспектов состояния здоровья сотрудников ОВД как важного показателя профессиональ-

ного долголетия и эффективности медицинского сопровождения [7].

В этой связи изучение состояния здоровья сотрудников ОВД в различных возрастных категориях с использованием интегральных медико-статистических показателей и элементов прогнозной оценки является актуальной научно-практической задачей, направленной на повышение эффективности профилактики, медицинского наблюдения и сохранение профессионального долголетия сотрудников ОВД.

Цель. Оценить состояние здоровья сотрудников ОВД Российской Федерации в различных возрастных категориях с учетом особенностей служебного опыта и прогнозной оценки возрастной динамики.

Материалы и методы исследования. Исследование носило сравнительный аналитический характер и было направлено на оценку состояния здоровья сотрудников ОВД Российской Федерации в различных возрастных категориях. Анализ проведен на основе медико-статистических данных за период 2008–2024 гг., сформированных в системе ведомственного здравоохранения МВД России. Были использованы сводные отчеты медицинских организаций системы МВД России по форме 3/МЕД, а также данные ежегодных профилактических

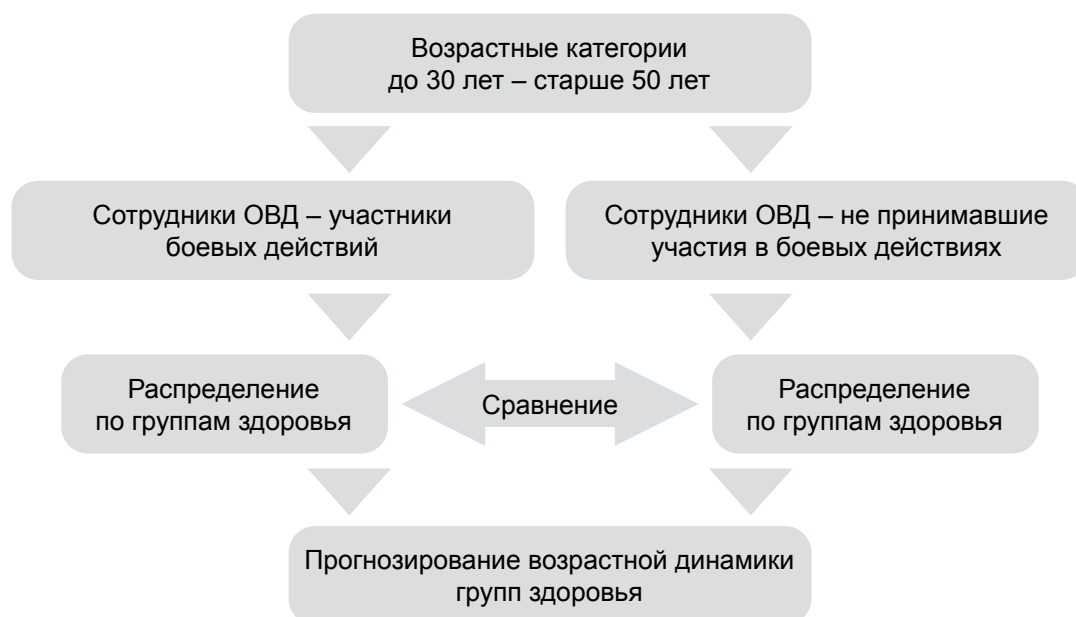


Рисунок. Дизайн исследования распределения групп здоровья у сотрудников органов внутренних дел с учетом возраста и служебного опыта

Figure. Study design of health group distribution among law enforcement officers with regard to age and service experience

и диспансерных медицинских осмотров сотрудников ОВД. Дизайн исследования представлен на рисунке.

В зависимости от особенностей служебно-го опыта обследование проводили в двух выборках: сотрудники ОВД — участники боевых действий; сотрудники ОВД — не принимавшие участия в боевых действиях. Анализ осуществляли с учетом возрастной стратификации сотрудников ОВД по следующим категориям: до 30 лет, 31–35 лет, 36–40 лет, 41–45 лет, 46–50 лет, старше 50 лет. Состояние здоровья сотрудников ОВД оценивали на основании распределения данных по группам здоровья: 1-я группа здоровья — практически здоровые лица; 2-я группа здоровья — лица с наличием заболеваний, не требующих динамического диспансерного наблюдения; 3-я группа здоровья — лица, нуждающиеся в систематическом диспансерном наблюдении. Для каждой возрастной категории были проанализированы следующие показатели: возрастная структура контингентов; частота встречаемости 1, 2 и 3-й групп здоровья; различия показателей между сотрудниками с различным служебным опытом.

В работе использовали следующие методы: медико-статистический анализ, сравнительный анализ долей и структурных показателей, аналитическую оценку возрастных закономерностей распределения групп здоровья.

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием пакета прикладных программ SPSS Statistics, версия 26.0. Для описания качественных (категориальных) признаков применяли относительные показатели (%). Возрастная структура сотрудников ОВД, а также распределение по группам здоровья (1, 2 и 3-я группы) анализировались в разрезе возрастных категорий и служебного опыта. Доли в независимых выборках (сотрудники — участники боевых действий и сотрудники, не принимавшие участия в боевых действиях) сравнивали с использованием критерия χ^2 Пирсона. В случаях, когда ожидаемая частота в ячейках таблиц сопряженности была < 5 , применяли точный критерий Фишера. Различия считались статистически значимыми при уровне значимости $p < 0,05$. Для выявления возрастных тенденций распределения групп здоровья применяли структурно-динамический анализ, основанный на сопоставлении показателей в последовательных возрастных ка-

тегориях. Наличие направленных возрастных изменений оценивали на основе сравнительного анализа долей и характера их изменения с увеличением возраста. Прогнозирование возрастной динамики распределения групп здоровья носило оценочный характер и выполнялось методом экстраполяции выявленных возрастных трендов. В рамках прогноза анализировали направления и диапазоны ожидаемых изменений показателей в старших возрастных категориях при сохранении выявленных тенденций.

Этические аспекты. Исследование проведено с соблюдением принципов медицинской этики и конфиденциальности. Использованы исключительно обезличенные данные медицинской документации. Легитимность исследования подтверждена решением локального этического комитета Северного государственного медицинского университета (протокол № 10/11-2024 от 27.11.2024).

Результаты. Анализ структуры общей заболеваемости сотрудников ОВД Российской Федерации показал, что как среди сотрудников — участников боевых действий, так и среди сотрудников, не принимавших участия в боевых действиях, доминируют одни и те же классы заболеваний, формирующие основной вклад в медицинский статус контингентов. У сотрудников — участников боевых действий ведущую позицию в структуре общей заболеваемости занимают заболевания органов дыхания (J00–J99), доля которых составляет 35,1 %. Существенный вклад также вносят болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани (M00–M99) — 10,7 %, заболевания системы кровообращения (I00–I99) — 8,3 %, болезни органов пищеварения (K00–K93) — 7,5 %, а также травмы, отравления и другие последствия воздействия внешних причин (S00–T98) — 7,2 %. Заболевания органов зрения и слуха (H00–H59) и болезни мочеполовой системы (N00–N99) представлены в равной степени — по 5,7 %. Наименьший вклад в структуру общей заболеваемости среди участников боевых действий вносят заболевания кожи и подкожной клетчатки (L00–L99) — 2,8 %, болезни нервной системы (G00–G99) — 2,2 %, психические расстройства (F00–F99) — 0,9 %, а также болезни крови и кроветворных органов (D50–D89) — 0,5%.

Структура общей заболеваемости у сотрудников ОВД, не принимавших участия в боевых действиях, в целом сопоставима, однако

имеет отдельные количественные особенности. Заболевания органов дыхания (J00–J99) также занимают первое место и составляют 35,2 % всех зарегистрированных случаев. Далее следуют болезни костно-мышечной системы (M00–M99) — 10,6 %, заболевания системы кровообращения (I00–I99) — 8,5 %, болезни органов пищеварения (K00–K93) — 7,6 %, травмы и другие последствия воздействия внешних причин (S00–T98) — 7,3 %, болезни органов зрения и слуха (H00–H59) — 5,8 %, заболевания мочеполовой системы (N00–N99) — 5,6 %. Доля заболеваний кожи и подкожной клетчатки (L00–L99) и болезней нервной системы (G00–G99) составляет 2,7 % и 2,2 % соответственно, а психические расстройства (F00–F99) и болезни крови (D50–D89) представлены минимально — 0,7 % и 0,7 % соответственно.

Анализ возрастной структуры сотрудников ОВД, включенных в исследование, выявил статистически значимые различия в распределении сотрудников с различным служебным опытом по возрастным категориям. В возрастной группе до 30 лет доля сотрудников ОВД — участников боевых действий была статистически значимо ниже по сравнению с сотрудниками ОВД без боевого опыта ($p = 0,013$). В возрастной категории 31–35 лет статистически значимых различий между выборками данных не выявлено. В возрастных категориях 36–40 и 41–45 лет различия находились на границе статистической значимости ($p = 0,051$ и $p = 0,052$ соответственно). В старших возрастных категориях (46–50 лет и старше 50 лет) доля сотрудников ОВД — участников боевых действий была статистически значимо ниже по сравнению с сотрудниками ОВД без боевого опыта ($p = 0,001$).

Оценка распределения сотрудников ОВД по группам здоровья в различных возрастных категориях показала наличие выраженных возрастных сдвигов структуры групп здоровья в обеих анализируемых выборках данных. В возрастной группе до 30 лет доля сотрудников ОВД, отнесенных к 1-й группе здоровья, составляла 60,7 % среди участников боевых действий и 65,9 % среди сотрудников без боевого опыта ($p = 0,005$), тогда как в возрастной категории старше 50 лет данный показатель снижался до 7,2 % и 14,2 % соответственно ($p = 0,001$).

Доля сотрудников ОВД, отнесенных ко 2-й группе здоровья, возрастала в средних воз-

растных категориях с последующим снижением в старших возрастных группах. В возрастной категории 46–50 лет доля 2-й группы здоровья среди сотрудников ОВД — участников боевых действий составила 46,8 %, что было статистически значимо ниже по сравнению с выборкой сотрудников ОВД без боевого опыта (50,6 %; $p = 0,005$). В возрастной категории старше 50 лет различия между выборками данных по доле 2-й группы здоровья статистически значимыми не являлись.

Наиболее выраженные различия между анализируемыми выборками данных сотрудников ОВД выявлены при анализе распределения 3-й группы здоровья. В возрастных категориях до 45 лет различия между сотрудниками ОВД с различным служебным опытом не достигали уровня статистической значимости. В возрастной категории 46–50 лет доля сотрудников ОВД, отнесенных к 3-й группе здоровья, среди участников боевых действий составила 37,1 %, что статистически значимо превышало аналогичный показатель среди сотрудников ОВД без боевого опыта (29,5 %; $p = 0,001$). В возрастной категории старше 50 лет доля 3-й группы здоровья достигала 49,2 % среди сотрудников ОВД — участников боевых действий и 40,9 % среди сотрудников ОВД без боевого опыта ($p = 0,001$) (табл. 1).

Оценочная экстраполяция выявленных возрастных соотношений распределения групп здоровья в анализируемых выборках данных сотрудников ОВД показала направленность изменений в старших возрастных категориях. Согласно прогнозной оценке, в возрастной категории 46–50 лет доля сотрудников ОВД с 1-й группой здоровья может снизиться до 14–15 % среди участников боевых действий и до 17–18 % среди сотрудников без боевого опыта при одновременном увеличении доли 3-й группы здоровья до 40–42 % и 32–34 % соответственно. В возрастной категории старше 50 лет прогнозируется дальнейшее сокращение доли 1-й группы здоровья до 5–6 % среди сотрудников ОВД — участников боевых действий и до 11–12 % среди сотрудников ОВД без боевого опыта, а также увеличение доли 3-й группы здоровья до 52–55 % и 42–44 % соответственно (табл. 2).

Прогноз носит оценочный характер и основан на экстраполяции выявленных возрастных тенденций распределения групп здоровья. Стрелки отражают направление ожидаемых изменений показателей.

Таблица 1

Распределение групп здоровья сотрудников органов внутренних дел в различных возрастных категориях, %

Table 1

Distribution of health groups among law enforcement officers across different age categories, %

Возрастная группа, годы / Age group, years	1-я группа		p	2-я группа		p	3-я группа		p
	участники боевых действий / Combat veterans	не участвовали в боевых действиях / Non-combat		участники боевых действий / Combat veterans	не участвовали в боевых действиях / Non-combat		участники боевых действий / Combat veterans	не участвовали в боевых действиях / Non-combat	
До 30 / Under 30	60,7	65,9	0,005	36,9	32,6	0,005	2,4	1,5	0,133
31–35	44,3	45,7	0,123	40,8	41,2	0,151	14,9	13,1	0,141
36–40	40,1	40,4	0,154	49,8	48,3	0,128	10,1	11,3	0,112
41–45	24,9	26,3	0,056	55,6	56,2	0,143	19,5	17,5	0,054
46–50	16,1	19,9	0,005	46,8	50,6	0,005	37,1	29,5	0,001
Старше 50 / Over 50	7,2	14,2	0,001	43,6	44,9	0,122	49,2	40,9	0,001

Таблица 2

Прогноз распределения групп здоровья у сотрудников органов внутренних дел в старших возрастных категориях при сохранении выявленных возрастных тенденций

Table 2

Forecast of the distribution of health groups among law enforcement officers in older age categories assuming the persistence of the identified age-related trends

Возрастная категория / Age category	Группа сотрудников / Employee group	1-я группа здоровья / Health Group 1	2-я группа здоровья / Health Group 2	3-я группа здоровья / Health Group 3
46–50 лет / 46–50 years	Участники боевых действий / Combat veterans	↓ до 14–15 ↓ to 14–15	↓ до 43–45 ↓ to 43–45	↑ до 40–42 ↑ to 40–42
	Не участвовали в боевых действиях / Non-combat	↓ до 17–18 ↓ to 17–18	≈ 48–50 ≈ 48–50	↑ до 32–34 ↑ to 32–34
старше 50 лет / over 50 years	Участники боевых действий / Combat veterans	↓ до 5–6 ↓ to 5–6	≈ 40–42 ≈ 40–42	↑ до 52–55 ↑ to 52–55
	Не участвовали в боевых действиях / Non-combat	↓ до 11–12 ↓ to 11–12	≈ 44–46 ≈ 44–46	↑ до 42–44 ↑ to 42–44

Примечание: ↓ — прогнозируемое снижение показателя; ↑ — прогнозируемый рост показателя; ≈ — относительная стабилизация. УБД — участники боевых действий; НУБД — не участвовавшие в боевых действиях.

Note: ↓ — projected decrease; ↑ — projected increase; ≈ — relative stability. Combat veterans — officers with combat experience; Non-combat — officers without

Обсуждение. Полученные в настоящем исследовании результаты согласуются с данными отечественных и зарубежных работ, посвященных оценке состояния здоровья сотрудников силовых и правоохранительных структур, и подтверждают значимость служебного опыта при анализе распределения сотрудников по группам здоровья. В исследованиях В. И. Евдокимова показано, что по мере увеличения возраста сотрудников МВД России возрастает

доля лиц, нуждающихся в диспансерном наблюдении, при одновременном снижении доли практически здоровых сотрудников, что отражается в структуре групп здоровья [1].

Выявленные в настоящем исследовании возрастные сдвиги распределения 1, 2 и 3-й групп здоровья у сотрудников ОВД в целом сопоставимы с результатами отечественных ученых, где подчеркивается увеличение распространенности хронических заболеваний и медицинских ограничений в старших возрастных категориях личного состава МВД России [3]. При этом использование интегрального показателя в виде распределения по группам здоровья позволяет дополнить традиционный анализ заболеваемости и получить более обобщенную характеристику медицинского статуса контингентов.

Различия в распределении групп здоровья между выборками сотрудников ОВД с различным служебным опытом, выявленные в старших возрастных категориях, согласуются с результатами исследований, посвященных профессиональным рискам в силовых структурах. В работе В. А. Сидоренко, В. Ю. Рыбникова и Н. В. Нестеренко [8] описано, что у сотрудников ОВД, а также у личного состава других силовых ведомств, доля лиц с хроническими заболеваниями, требующими диспансерного наблюдения, возрастает по мере увеличения стажа службы и возраста, что отражается в структуре медицинских показателей.

Полученные данные также соотносятся с результатами исследований, посвященных воздействию профессионально обусловленных нагрузок и экстремальных факторов на здоровье сотрудников силовых структур. Так, в статье И. И. Шереметьевой, А. Е. Строганова и Н. В. Кандриной [9] подчеркивается, что у лиц, выполнявших служебные задачи в условиях повышенного профессионального риска, чаще выявляются состояния, требующие длительного медицинского наблюдения, что находит отражение в интегральных показателях состояния здоровья. Аналогичные выводы приводятся в исследованиях, посвященных медицинским последствиям участия в чрезвычайных ситуациях и экстремальных условиях, выполненных А. П. Овчаренко, Р. Н. Лемешкиным, В. Н. Тол-

стошеевым и А. В. Лущевым [4].

Ограничения исследования. Настоящее исследование основано на анализе агрегированных обезличенных медико-статистических данных системы ведомственного здравоохранения, что не позволяет проследить индивидуальные траектории изменения состояния здоровья сотрудников ОВД во времени. Используемый дизайн исследования не предусматривает контроль потенциальных смешивающих факторов, включая индивидуальные особенности образа жизни, длительность и интенсивность служебных нагрузок, а также сопутствующие социально-демографические характеристики. Прогнозная оценка распределения групп здоровья носит оценочный характер и основана на экстраполяции выявленных возрастных соотношений, что ограничивает возможность точной количественной интерпретации прогнозируемых показателей. Полученные результаты отражают выявленные различия и возрастные сдвиги в распределении групп здоровья и не предполагают установления причинно-следственных связей.

Заключение. Проведенное исследование позволило охарактеризовать распределение сотрудников ОВД по группам здоровья в различных возрастных категориях с учетом служебного опыта на основе агрегированных медико-статистических данных ведомственного здравоохранения. Установлено, что с увеличением возраста в обеих анализируемых выборках данных наблюдается последовательное снижение доли сотрудников, отнесенных к 1-й группе здоровья, и увеличение доли сотрудников, отнесенных к 3-й группе здоровья, при этом различия между выборками сотрудников ОВД с различным служебным опытом наиболее выражены в старших возрастных категориях.

Полученные результаты могут быть использованы при планировании дифференцированного медицинского наблюдения и профилактических мероприятий в системе ведомственного здравоохранения МВД России с учетом возрастных категорий и служебного опыта сотрудников ОВД, а также при оценке перспектив профессионального долголетия личного состава.

Сведения об авторах:

Иванов Николай Михайлович — начальник управления медицинского обеспечения; Департамент по материально-техническому и медицинскому обеспечению МВД России; Россия, 123060, Москва, ул. Расплетина, д. 26; SPIN: 2375-1624; ORCID: 0009-0002-5888-1587; e-mail: doctorilla@mail.ru

Ичитовкина Елена Геннадьевна — доктор медицинских наук, доцент, главный психиатр МВД России; Департамент по материально-техническому и медицинскому обеспечению МВД России; Россия, 123060, Москва, ул. Расплетина, д. 26; SPIN: 4333-0282; ORCID: 0000-0001-8876-669X; e-mail: elena.ichitovkina@yandex.ru

Климзов Алексей Геннадьевич — врач-терапевт; Центр военно-врачебной экспертизы Военного комиссариата Санкт-Петербурга; Россия, 190121, Санкт-Петербург, Английский пр., д. 8/10; SPIN: 8081-7960; ORCID: 0009-0009-61789344; e-mail: klimzovmed@yandex.ru

Information about the authors:

Nikolay M. Ivanov — Head of the Medical Support Department, Department of Material and Technical Support and Medical Services of the Ministry of Internal Affairs of Russia; Russia, 123060, Moscow, Raspletina Str., 26; SPIN: 2375-1624; ORCID: 0009-0002-5888-1587; e-mail: doctorilla@mail.ru

Elena G. Ichitovkina — Dr. of Sci. (Med.), Associate Professor, psychiatrist, Chief Psychiatrist of the Ministry of Internal Affairs of Russia; Department of Material and Technical Support and Medical Services of the Ministry of Internal Affairs of Russia; Russia, 123060, Moscow, Raspletina St., 26; SPIN: 4333-0282; ORCID: 0000-0001-8876-669X; e-mail: elena.ichitovkina@yandex.ru

Alexey G. Klimzov — General Practitioner, Military Medical Examination Center of St. Petersburg; Russia, 190121, Saint Petersburg, English Ave, 8/10; SPIN: 8081-7960; ORCID: 0009-0009-61789344; e-mail: klimzovmed@yandex.ru

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Наибольший вклад распределен следующим образом. Сбор первичных материалов, интерпретация полученных данных, написание первичного варианта статьи — Н. М. Иванов, А. Г. Климзов; сбор первичных материалов, редактирование окончательного варианта статьи, структурирование материала Е. Г. Ичитовкина.

Author contribution. All authors according to the ICMJE criteria participated in the development of the concept of the article, obtaining and analyzing factual data, writing and editing the text of the article, checking and approving the text of the article.

Special contribution: NMI, AGK collection of primary materials, interpretation of obtained data, writing the initial draft of the article. EGI preparation of illustrations, design, and research methodology.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. The authors declare that they have no competing interests.

Финансирование: исследование проведено без дополнительного финансирования.

Funding: the study was carried out without additional funding.

Поступила/Received: 11.04.2026

Принята к печати/Accepted: 15.09.2026

Опубликована/Published: 30.09.2026

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Евдокимов В. И., Иванов Н. М., Ичитовкина Е. Г., Лихолетов А. Г. Оценка состояния здоровья и заболеваемости сотрудников МВД России (2008–2023 гг.): монография. СПб.: Измайловский; 2024. 105 с. (Сер. «Заболеваемость военнослужащих»; вып. 22) [Evdokimov V. I., Ivanov N. M., Ichitovkina E. G., Likholeto A. G. Assessment of the state of health and morbidity of employees of the Ministry of Internal Affairs of Russia (2008–2023): monograph. St. Petersburg: Izmailovsky, 2024. 105 p. (Ser. “Morbidity of military personnel”; issue 22) (In Russ.)].
2. Сидоров А. В., Алимова А. И. О некоторых вопросах формирования профессиональной направленности в подготовке сотрудников органов внутренних дел на современном этапе // *Закон и право*. 2024. № 11. С. 261–265 [Sidorov A. V., Alimova A. I. On certain issues of forming professional orientation in the training of internal affairs officers at the present stage. *Law and Law*. 2024. No. 11. P. 261–265 (In Russ.)].
3. Иванов Н. М., Ичитовкина Е. Г., Евдокимов В. И., Лихолетов А. Г. Анализ показателей заболеваемости личного состава МВД России // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2024. № 2. С. 14–38. [Ivanov N. M., Ichitovkina E. G., Evdokimov V. I., Likholeto A. G. Analysis of morbidity indicators among personnel of the Ministry of Internal Affairs of Russia. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*, 2024, No. 2, pp. 14–38 (In Russ.)]. doi: 10.25016/2541-7487-2024-0-2-14-38.
4. Овчаренко А. П., Лемешкин Р. Н., Толстошеев В. Н., Лучшев А. В. Анализ опыта работы по ликвидации медико-санитарных последствий чрезвычайных ситуаций у специалистов нештатных формирований службы медицины катастроф Минздрава России и ФМБА // *Медицина катастроф*. 2023. № 1. С. 9–13 [Ovcharenko A. P., Lemeshkin R. N., Tolstosheev V. N., Lushchev A. V. Analysis of the experience in eliminating medical and sanitary consequences of emergencies by specialists of non-regular formations of the disaster medicine service of the Ministry of Health of Russia and FMBA. *Disaster Medicine*, 2023, No. 1, pp. 9–13 (In Russ.)]. doi: 10.33266/2070-1004-2023-1-9-13.
5. Cieza A., Causey K., Kamenov K., Hanson S. W., Chatterji S., Vos T. Global estimates of the need for rehabilitation based on the Global Burden of Disease study 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet*, 2021, Vol. 396, No. 10267, pp. 2006–2017. doi: 10.1016/S0140-6736(20)32340-0.

6. Haynes Z. A., Collen J. F., Poltavskiy E. A., et al. Risk factors of persistent insomnia among survivors of traumatic injury: a retrospective cohort study. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 2021, Vol. 17, No. 9, pp. 1831–1840. doi: 10.5664/jcsm.9276.
7. Huang Y., Trollor J. N., Foley K. R., Arnold S. R. C. “I’ve Spent My Whole Life Striving to Be Normal”: Internalized stigma and perceived impact of diagnosis in autistic adults. *Autism in Adulthood*, 2023, Vol. 5, No. 4, pp. 423–436. doi: 10.1089/aut.2022.0066.
8. Сидоренко В. А., Рыбников В. Ю., Нестеренко Н. В. Основные показатели состояния здоровья и структура заболеваемости сотрудников органов внутренних дел, Федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы МЧС России и военнослужащих Вооруженных сил Российской Федерации // *Медицина катастроф*. 2021. № 2 (114). С. 11–15 [Sidorenko V. A., Rybnikov V. Yu., Nesterenko N. V. The main indicators of the state of health and the structure of morbidity of employees of the internal affairs bodies, the Federal Fire Service of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia and military personnel of the Armed Forces of the Russian Federation. *Disaster Medicine*, 2021, No. 2 (114), pp. 11–15 (In Russ.)]. doi: 10.33266/2070-1004-2021-2-11-15.
9. Шереметьева И. И., Строганов А. Е., Кандрина Н. В. Стресс-индуцированные расстройства у лиц, обратившихся в фонд «Защитники Отечества» по Алтайскому краю // *Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии*. 2025. Т. 18, № 2 (181). С. 135–140 [Sheremetyeva I. I., Stroganov A. E., Kandrina N. V. Stress-induced disorders in individuals who applied to the “Defenders of the Fatherland” Foundation in the Altai Territory. *Bulletin of Neurology, Psychiatry and Neurosurgery*, 2025, Vol. 18, No. 2 (181), pp. 135–140 (In Russ.)]. doi: 10.33920/med-01-2502-01].

КАРДИОМЕТАБОЛИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ И НАРУШЕНИЯ РИТМА ПРИ СД 2-ГО ТИПА: РЕТРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

¹П. О. Однокол*, ¹М. А. Тришкин, ¹Г. Г. Кутелев, ²М. И. Пугачёв

¹Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

²Филиал Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова в г. Москве, Москва, Россия

ВВЕДЕНИЕ. Сахарный диабет 2-го типа (СД 2-го типа) является значимой медико-социальной проблемой и одним из ведущих факторов риска сердечно-сосудистых осложнений (ССО), включая нарушения сердечного ритма и проводимости различного генеза.

ЦЕЛЬ. Изучить связь между метаболическими нарушениями при СД 2-го типа и формированием электрофизиологических изменений миокарда.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В ретроспективное исследование включены 80 пациентов мужского и женского пола в возрасте от 35 до 80 лет с установленным диагнозом СД 2-го типа. Группу сравнения составили 40 пациентов сопоставимого возраста без признаков СД 2-го типа. Всем участникам проводилось комплексное клиничко-лабораторное и инструментальное обследование, включающее оценку показателей общего анализа крови (ОАК), биохимического анализа крови (БАК), электрокардиографию (ЭКГ), суточное мониторирование ЭКГ (СМЭКГ) и эхокардиографию (ЭХОКГ).

РЕЗУЛЬТАТЫ. У пациентов СД 2-го типа, в отличие от группы сравнения, выявлены статистически значимые изменения показателей общего анализа крови, отражающие воспалительные и гемостатические сдвиги. Уровень лейкоцитов оказался выше ($p = 0,001$) при одновременном снижении гемоглобина ($p = 0,012$). Также отмечено повышение уровня тромбоцитов ($p = 0,006$) и увеличение скорости оседания эритроцитов ($p < 0,001$), что свидетельствует о хроническом субклиническом воспалении и протромботическом состоянии. Дополнительно выявлены изменения биохимических показателей: уровень триглицеридов составил 1,85 [1,34–2,99] ммоль/л против 1,20 [0,98–1,78] ммоль/л ($p < 0,001$), соответственно липопротеидов очень низкой плотности — 0,90 [0,60–1,33] ммоль/л и 0,54 [0,40–0,94] ммоль/л ($p < 0,001$), фибриногена — 4,60 [3,81–5,25] г/л и 3,78 [3,22–4,36] г/л ($p = 0,0011$). По данным ЭХОКГ выявлены различия: фракция выброса левого желудочка составила 60,1 [55,75–64,03] % против 65,0 [62,25–67,75] % ($p < 0,001$), диаметр легочной артерии — 2,22 [2,03–2,36] см и 2,00 [1,92–2,10] см соответственно ($p < 0,001$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. СД 2-го типа сопровождается комплексом взаимосвязанных метаболических, воспалительных и гемостазиологических нарушений, сочетающихся со структурно-функциональными изменениями сердечно-сосудистой системы, включая снижение сократительной функции миокарда и признаки ремоделирования. Эти изменения соответствуют представлениям о диабетической кардиомиопатии как самостоятельном варианте поражения миокарда и создают условия для электрической нестабильности, развития нарушений ритма и повышения риска сердечно-сосудистых осложнений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, сахарный диабет 2-го типа, нарушения сердечного ритма, сердечно-сосудистые осложнения, диабетическая кардиомиопатия, хроническое субклиническое воспаление, дислипидемия, гипергликемия, инсулинорезистентность, гемостаз, эхокардиография, фракция выброса левого желудочка, кардио-метаболический риск, ренин-ангиотензиновая система

*Для корреспонденции: Однокол Полина Олеговна, e-mail: odnokol.polina@mail.ru

*For correspondence: Polina O. Odnokol, e-mail: odnokol.polina@mail.ru

Для цитирования: Однокол П. О., Тришкин М. А., Кутелев Г. Г., Пугачёв М. И. Кардиометаболические маркеры и нарушения ритма при СД 2-го типа: ретроспективное исследование // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 3. С. 134–142, <https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-134-142>; EDN: <https://elibrary.ru/WCUDHI>

For citation: Odnokol P. O., Trishkin M. A., Kutelev G. G., Pugachev M. I. Cardiometabolic markers and rhythm disorders in type 2 diabetes: retrospective study // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 3. P. 134–142, <https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-134-142>; EDN: <https://elibrary.ru/WCUDHI>

© Авторы, 2026. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины» Федерального медико-биологического агентства. Данная статья распространяется на условиях открытого доступа в соответствии с лицензией CCBY-NC-SA 4.0 («Attribution-NonCommercial-ShareAlike» / «Атрибуция-Некоммерчески-Сохранение Условий» 4.0), которая разрешает неограниченное некоммерческое использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при указании автора и источника. Чтобы ознакомиться с полными условиями данной лицензии на русском языке, посетите сайт: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.ru>

CARDIOMETABOLIC MARKERS AND RHYTHM DISORDERS IN TYPE 2 DIABETES: RETROSPECTIVE STUDY

¹Polina O. Odnokol*, ¹Makar A. Trishkin, ¹Gennadii G. Kutelev, ²Maxim I. Pugachev

¹Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

²Branch of the Military Medical Academy in Moscow, Moscow, Russia

INTRODUCTION. Type 2 diabetes (T2D) is a significant medical and social problem and one of the leading risk factors for cardiovascular complications (CVC), including cardiac arrhythmias and conduction disorders of various origins.

OBJECTIVE. To study the relationship between metabolic disorders in T2D and the formation of electrophysiological changes in the myocardium.

MATERIALS AND METHODS. This retrospective study included 80 male and female patients aged 35 to 80 years with the T2D diagnosis. The comparison group consisted of 40 age-matched patients without T2D signs. All participants underwent a comprehensive clinical, laboratory, and instrumental examination, including a complete blood count (CBC), blood chemistry panel (BCP), electrocardiography (ECG), 24-hour ECG monitoring (MECG), and echocardiography (ECHO).

RESULTS. Statistically significant changes in complete blood count parameters were observed in patients with T2D, in contrast to the comparison group, reflecting inflammatory and hemostatic shifts. Leukocyte levels were higher ($p = 0.001$) with a simultaneous decrease in hemoglobin ($p = 0.012$). An increase in platelet levels ($p = 0.006$) and an increase in the erythrocyte sedimentation rate ($p < 0.001$) were also noted, indicating chronic subclinical inflammation and a prothrombotic state. Additionally, changes in biochemical parameters were revealed: the level of triglycerides was 1.85 [1.34–2.99] mmol/l versus 1.20 [0.98–1.78] mmol/l ($p < 0.001$), respectively, very low density lipoproteins were 0.90 [0.60–1.33] mmol/l and 0.54 [0.40–0.94] mmol/l ($p < 0.001$), fibrinogen was 4.60 [3.81–5.25] g/l and 3.78 [3.22–4.36] g/l ($p = 0.0011$). According to echocardiography data, differences were revealed: the left ventricular ejection fraction was 60.1 [55.75–64.03] % versus 65.0 [62.25–67.75] % ($p < 0.001$), the pulmonary artery diameter was 2.22 [2.03–2.36] cm and 2.00 [1.92–2.10] cm, respectively ($p < 0.001$).

CONCLUSION. T2D is accompanied by a complex of interrelated metabolic, inflammatory, and hemostasis disorders, combined with structural and functional changes in the cardiovascular system, including decreased myocardial contractility and signs of remodeling. These changes are consistent with the concept of diabetic cardiomyopathy as an independent form of myocardial damage and create conditions for electrical instability, the development of rhythm disturbances and an increased risk of cardiovascular complications.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, type 2 diabetes, cardiac arrhythmias, cardiovascular complications, diabetic cardiomyopathy, chronic subclinical inflammation, dyslipidemia, hyperglycemia, insulin resistance, hemostasis, echocardiography, left ventricular ejection fraction, cardiometabolic risk, renin-angiotensin system

Введение. Сахарный диабет 2-го типа (СД 2) представляет собой глобальную хроническую неинфекционную патологию, оказывающую системное воздействие на сердечно-сосудистую систему. Наряду с традиционными макрососудистыми осложнениями, все большее внимание уделяется его роли в формировании нарушений сердечного ритма и проводимости. СД 2-го типа является одним из ключевых факторов, способствующих развитию фибрилляции предсердий и наджелудочковых нарушений ритма. Данные электрические нарушения ассоциированы с повышенным риском сердечной недостаточности и внезапной сердечной смерти, что существенно ухудшает прогноз у этой категории пациентов [1].

Клинические наблюдения демонстрируют, что наличие СД 2-го типа значительно увеличивает вероятность развития постоянной формы фибрилляции предсердий, желудочковых аритмий, а также проводниковых расстройств

различного уровня — от дисфункции синусового узла до атриовентрикулярных и внутрижелудочковых блокад. Эти данные подчеркивают необходимость ранней диагностики и системного кардиологического наблюдения пациентов с диабетом (рис. 1).

Развитие электрической нестабильности миокарда при СД 2-го типа обусловлено совокупностью метаболических и сосудистых механизмов, которые в современных представлениях о патогенезе СД укладываются в концепцию диабетической кардиомиопатии, где существенную роль играют инсулинорезистентность и гипергликемия, которые инициируют каскад патологических изменений, включающих оксидативный стресс, нарушение кальциевого гомеостаза и структурное ремоделирование миокарда [2]. Дополнительное значение имеет активация ренин-ангиотензин-альдостероновой системы (РААС), способствующая эндотелиальной дисфункции и прогрессированию фиброзных изме-

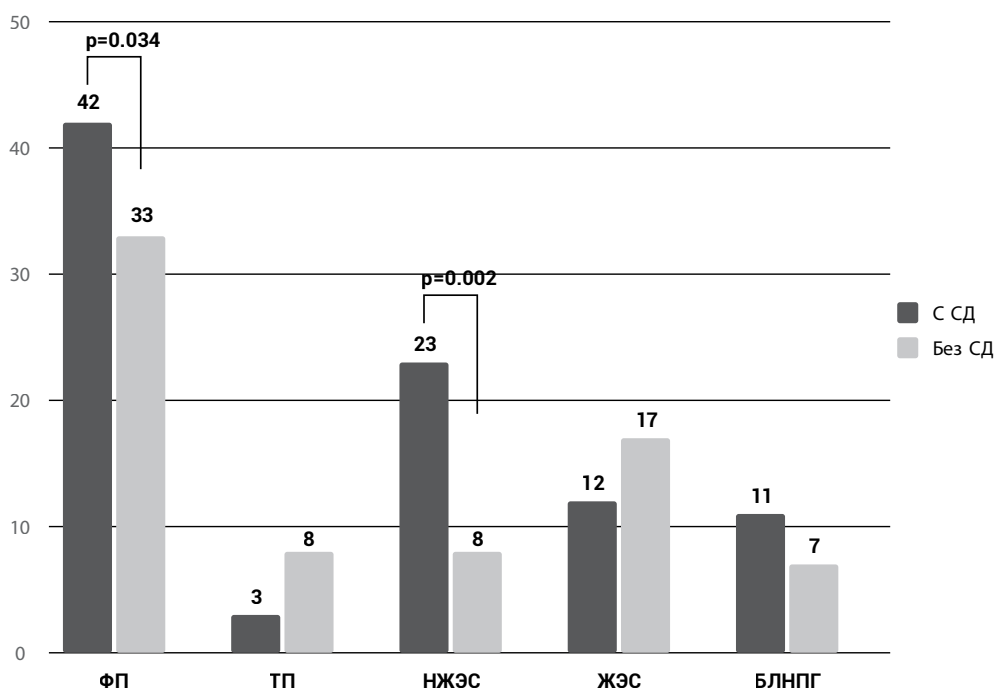


Рис. 1. Сравнительный анализ частоты встречаемости различных форм нарушений ритма в зависимости от наличия сахарного диабета (СД). ФП – фибрилляция предсердий; ТП – трепетание предсердий; НЖЭС – наджелудочковая экстрасистолия; ЖЭС – желудочковая экстрасистолия; БЛНПГ – блокада левой ножки пучка Гиса

Fig. 1. Comparative analysis of the frequency of occurrence of various forms of rhythm disturbances depending on the presence of diabetes. ФП is atrial fibrillation; ТП is atrial flutter; НЖЭС is supraventricular extrasystole; ЖЭС is ventricular extrasystole; БЛНПГ is blockage of the left leg of the His bundle

нений в сердечной мышце [3]. Показано, что ангиотензин II и альдостерон активируют сигнальные пути, усиливающие инсулинорезистентность и метаболический дисбаланс, что формирует замкнутый патогенетический круг (рис. 2).

Нарушение углеводного и липидного обмена при СД 2-го типа приводит к смещению энергетического метаболизма миокарда в сторону повышенного окисления жирных кислот при одновременном снижении утилизации глюкозы. Это сопровождается увеличением уровня свободных жирных кислот, избыточной продукцией липопротеидов очень низкой плотности и формированием атерогенного липидного профиля [4]. Одновременно нарушается баланс сосудистых эффектов инсулина: подавляется PI3K/Akt-eNOS путь, ответственный за вазодилатацию, в то время как митогенные сигнальные механизмы продолжают стимулировать пролиферацию гладкомышечных клеток и воспаление сосудистой стенки (рис. 3).

Комплекс указанных изменений способствует развитию эндотелиальной дисфункции, сосудистого ремоделирования и структурной перестройки миокарда, что создает морфо-

функциональную основу для возникновения аритмий и проводниковых нарушений.

Несмотря на накопленные данные о высокой распространенности аритмий у пациентов при развитии диабетической кардиомиопатии, системная оценка лабораторных показателей, отражающих субклиническое воспаление, дислипидемию, гипергликемию и протромботическое состояние, в сопоставлении с электрофизиологическими изменениями миокарда остается недостаточно систематизированной. Это определяет актуальность настоящего исследования, направленного на выявление патофизиологических сдвигов, ассоциированных с нарушениями сердечного ритма и проводимости у пациентов с СД 2-го типа.

Цель. Изучить связь между метаболическими нарушениями при СД 2-го типа с формированием электрофизиологических изменений миокарда.

Материалы и методы. Дизайн работы: ретроспективное исследование.

Критериями включения стали установленный диагноз СД 2-го типа, возраст 35–80 лет, наличие выполненных лабораторных иссле-

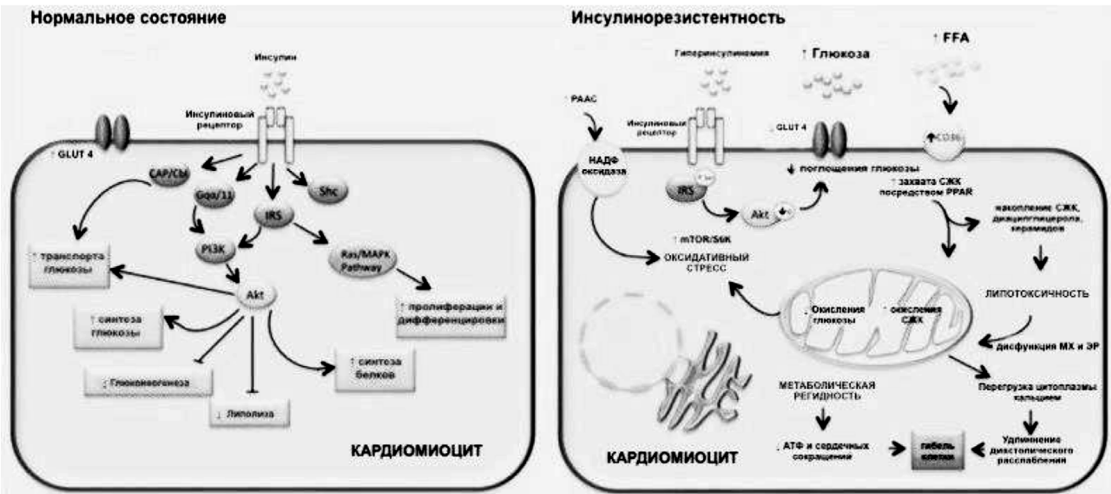


Рис. 2. Патогенез диабетической кардиомиопатии: роль инсулинорезистентности и активации РААС
Fig. 2. Pathogenesis of diabetic cardiomyopathy: the role of insulin resistance and activation of the RAAS

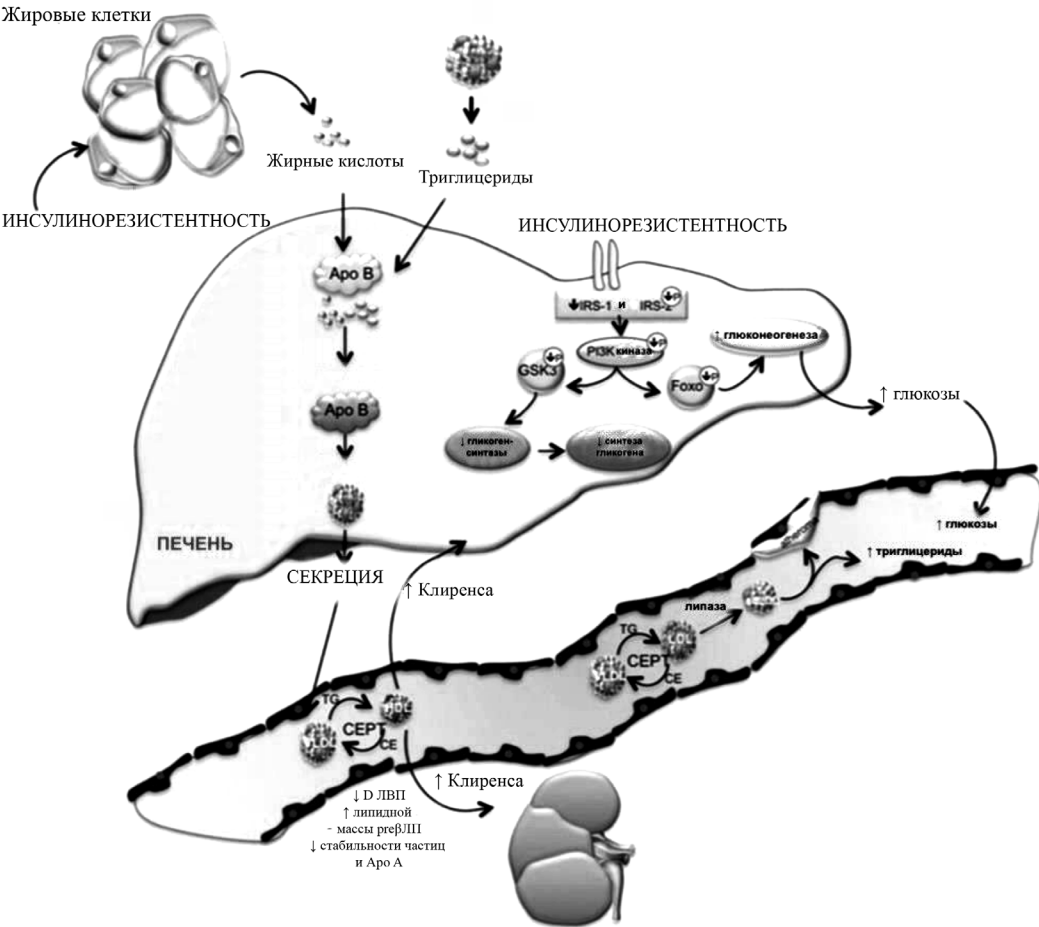


Рис. 3. Патофизиологические механизмы инсулинорезистентности: влияние на липидный и глюкозный обмен и сосудистые эффекты
Fig. 3. Pathophysiological mechanisms of insulin resistance: effects on lipid and glucose metabolism and vascular effects

дований общего анализа крови (ОАК), биохимического анализа крови (БАК) и инструментальных ЭКГ, суточного мониторирования (СМЭКГ) и эхокардиографии (ЭХОКГ).

Критериями исключения были отсутствие СД 2-го типа, возраст младше 35 или старше 80 лет, отсутствие данных лабораторного или инструментального обследования.

Исследование проводили в Клинике военно-морской терапии Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова с 1 января 2025 г. по 1 января 2026 г.

В ретроспективное исследование были включены 80 пациентов с СД 2-го типа в возрасте от 35 до 80 лет. Группу сравнения составили 40 пациента сопоставимого возраста без установленного диагноза СД 2-го типа. Всем участникам проводилась комплексная клиничко-лабораторная и инструментальная оценка. Лабораторное обследование включало общий анализ крови с определением уровня лейкоцитов, гемоглобина, тромбоцитов и скорости оседания эритроцитов (СОЭ), а также биохимический анализ крови с оценкой показателей липидного профиля (триглицериды, липопротеиды очень низкой плотности) и уровней фибриногена и глюкозы. Инструментальная диагностика включала проведение ЭКГ, СМЭКГ для выявления нарушений ритма и проводимости, а ЭХОКГ с оценкой структурно-функциональных параметров миокарда, включая фракцию выброса левого желудочка и диаметр легочной артерии. Полученные данные использовали для анализа взаимосвязи метаболических нарушений с формированием электрофизиологических и структурных изменений сердечно-сосудистой системы.

Исследование одобрено локальным независимым Этическим комитетом при Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова (протокол № 308 от 23.12.2025 г.). Все пациенты добровольно подписали форму информированного согласия на участие в исследовании.

Статистический анализ проводили с использованием среды R v.4.3.0. Нормальность распределения переменных (в зависимости от их количества) определяли с помощью критерия Шапиро–Уилка. Категориальные данные представлялись в виде частот и процентов, были построены таблицы сопряженности. Количественные показатели, имеющие нормальное распределение, описывались как среднее значение (M) и стандартное отклонение (SD), а в случае его отсутствия – с помощью медианы (Me) и интерквартильного размаха ($Q1$; $Q3$). Сравнение между группами по количественному признаку (в зависимости от нормальности распределения) проводили с помощью критериев Стьюдента и Манна–Уитни. Для сравнительного анализа категориальных данных применяли критерий хи-квадрат Пирсона. При наличии множествен-

ных сравнений определяли поправки Бонферрони и Холма. Статистически значимыми считались различия при $p < 0,05$.

Результаты. Анализ лабораторных и инструментальных показателей у обследованных пациентов позволил установить, что у лиц с СД 2-го типа, в отличие от группы сравнения, выявляются достоверные признаки воспалительно-метаболических и структурно-функциональных изменений сердечно-сосудистой системы.

Общий анализ крови

При оценке показателей общего анализа крови установлено, что уровень лейкоцитов у пациентов с СД 2-го типа был достоверно выше по сравнению с контрольной группой ($p = 0,001$). Одновременно отмечено снижение уровня гемоглобина ($p = 0,012$). Кроме того, у пациентов с СД 2-го типа выявлено повышение количества тромбоцитов ($p = 0,006$) и значительное увеличение СОЭ ($p < 0,001$), что отражает наличие хронического субклинического воспаления и активации протромботического звена гемостаза.

Биохимический анализ крови

Данные анализа липидного и коагуляционного профиля продемонстрировали статистически значимые различия между группами. Уровень триглицеридов в группе СД 2-го типа составил 1,85 [1,34–2,99] ммоль/л против 1,20 [0,98–1,78] ммоль/л в контрольной группе ($p < 0,001$). Концентрация липопротеидов очень низкой плотности составила 0,90 [0,60–1,33] ммоль/л и 0,54 [0,40–0,94] ммоль/л соответственно ($p < 0,001$).

Уровень фибриногена у пациентов с СД 2-го типа был выше и составил 4,60 [3,81–5,25] г/л против 3,78 [3,22–4,36] г/л в группе сравнения ($p = 0,0011$), что свидетельствует об ассоциации с хроническим воспалением и повышенным тромботическим риском.

Эхокардиографические показатели

По данным ЭХОКГ выявлены достоверные различия параметров систолической функции и гемодинамики малого круга кровообращения. Фракция выброса левого желудочка у пациентов с СД 2-го типа составила 60,1 [55,75–64,03] %, тогда как в контрольной группе — 65,0 [62,25–67,75] % ($p < 0,001$).

Диаметр легочной артерии в группе СД 2-го типа составил 2,22 [2,03–2,36] см против 2,00 [1,92–2,10] см в группе сравнения ($p < 0,001$).

Полученные данные демонстрируют, что СД 2-го типа сопровождается сочетанием воспа-

лительных, атерогенных и структурно-функциональных изменений, создающих условия для повышения сердечно-сосудистого риска.

Обсуждение. СД 2-го типа в настоящее время рассматривается как системное кардиометаболическое заболевание, характеризующееся сочетанием инсулинорезистентности, хронического субклинического воспаления и сосудистой дисфункции. Полученные в настоящем исследовании данные подтверждают формирование у пациентов с СД 2-го типа комплексного воспалительно-метаболического фенотипа, ассоциированного со структурно-функциональными изменениями миокарда и повышенным риском аритмий.

Выявленное повышение уровня лейкоцитов и СОЭ отражает наличие хронического низкоинтенсивного воспаления, которое тесно связано с инсулинорезистентностью и прогрессированием СД 2-го типа [5-7,14]. Активация провоспалительных цитокинов, NLRP3-инфламмосомы и накопление конечных продуктов гликирования усиливают оксидативный стресс и эндотелиальную дисфункцию, формируя основу для сосудистого ремоделирования и электрофизиологических нарушений [4].

Снижение уровня гемоглобина и повышение тромбоцитов в сочетании с увеличением фибриногена свидетельствуют о формировании протромботического состояния. Подобные изменения описаны в других исследованиях

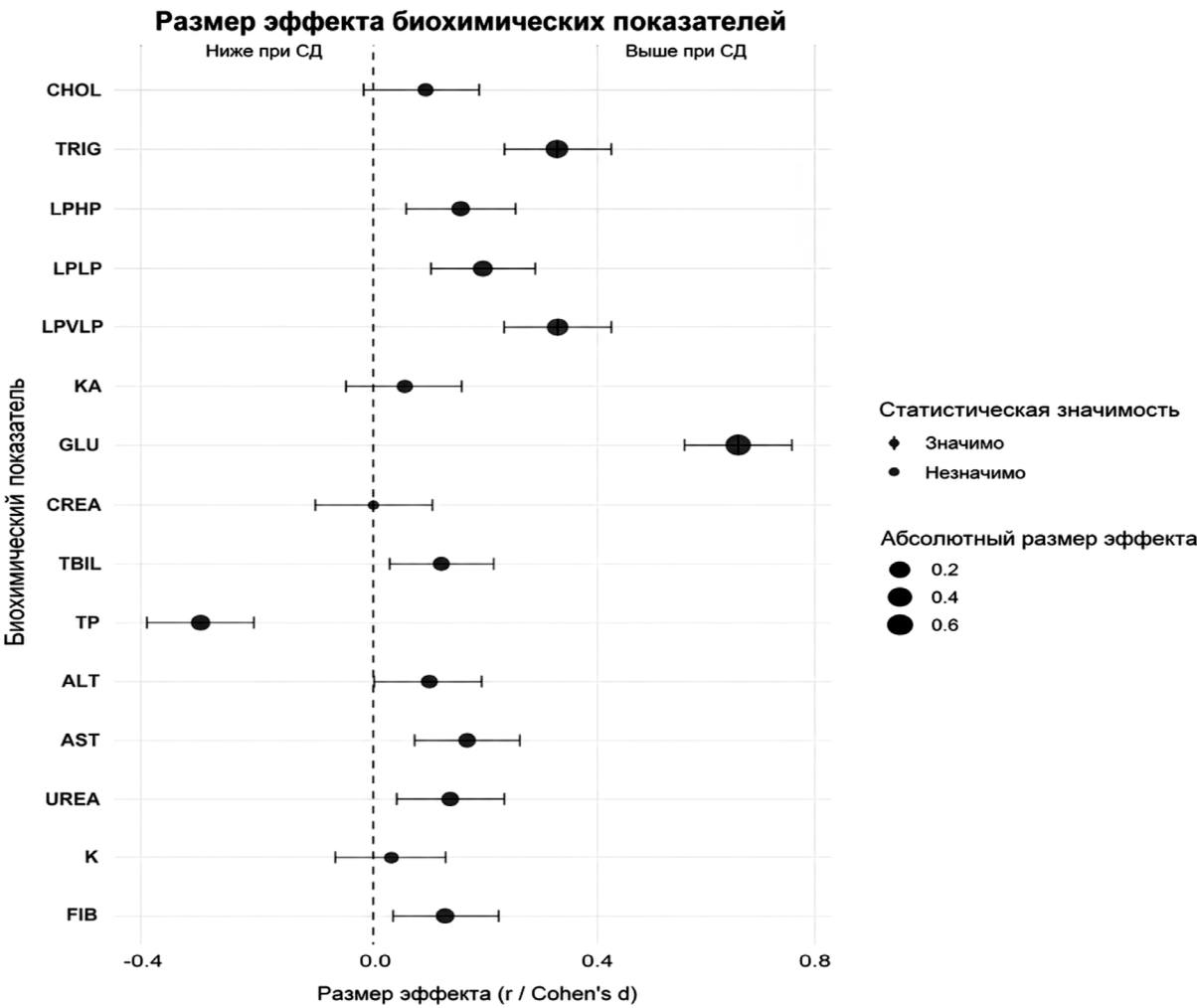


Рис. 4. Лабораторные показатели воспаления и атерогенного профиля у пациентов в группе с сахарным диабетом 2-го типа и в контрольной группе. TRIG — триглицериды; LPVLP — липопротеиды очень низкой плотности; FIB — фибриноген; Достоверность различий между группами при $p < 0,05$.

Fig. 4. Inflammatory and atherogenic laboratory parameters in patients with type 2 diabetes mellitus and in the control group. TRIG — triglycerides; LPVLP — very low density lipoproteins; FIB — fibrinogen; Significant differences between the groups at $p < 0,05$.

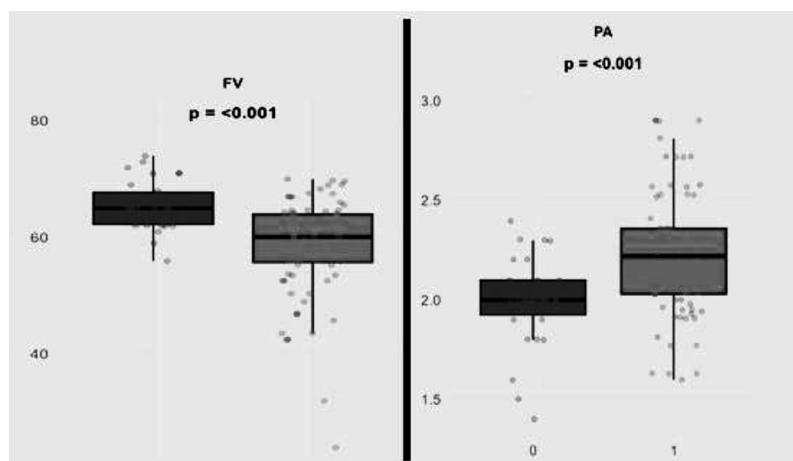


Рис. 5. Эхокардиографические показатели у обследованных пациентов.

FV — фракция выброса левого желудочка; PA — диаметр легочной артерии

Fig. 5. Echocardiographic parameters in the examined patients. FV — left ventricular ejection fraction; PA — pulmonary artery diameter

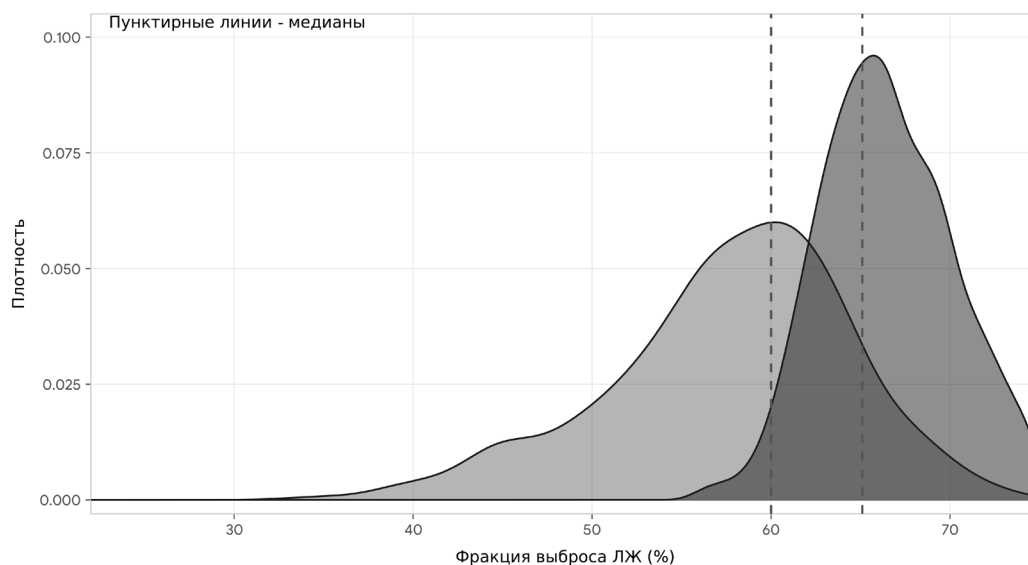


Рис. 6. Сравнение фракции выброса у исследуемой и контрольной групп
Fig. 6. Control and examination groups' ejection fraction comparison

и рассматриваются как один из механизмов микрососудистых и макрососудистых осложнений [8]. Хроническая гипергликемия нарушает эритропоэз и усиливает повреждение эндотелия, что дополнительно потенцирует тромбогенность [9,15].

Выявленная атерогенная дислипидемия (снижение ипопротеинов высокой плотности — ЛПВП, повышение липопротеинов очень низкой плотности — ЛПОНП и коэффициента атерогенности) соответствует данным крупных клинических исследований, включая ADVANCE [8]. Инсулинорезистентность усиливает печеночный синтез триглицеридов и секрецию ЛПОНП, что приводит к формированию атерогенных частиц и ускоренному прогрессированию атеросклероза. Совокупность этих изменений формирует неблагоприятный кардиометаболический про-

филь, тесно связанный с повышенным сердечно-сосудистым риском [10–12].

Особое значение имеют выявленные структурно-функциональные изменения по данным ЭХОКГ. Снижение фракции выброса левого желудочка и увеличение диаметра легочной артерии свидетельствуют о раннем ремоделировании миокарда и возможном формировании диастолической и систолической дисфункций [1]. Подобные изменения описываются в рамках диабетической кардиомиопатии, где ключевую роль играют инсулинорезистентность, липотоксичность, митохондриальная дисфункция и активация ренин-ангиотензин-альдостероновой системы. Структурное ремоделирование миокарда создает анатомический субстрат для возникновения аритмий [1, 13].

Нарушения углеводного и липидного обмена, характерные для СД 2-го типа, в сочетании с хроническим субклиническим воспалением, оксидативным стрессом и активацией ренин-ангиотензин-альдостероновой системы создают патофизиологическую основу для формирования диабетической кардиомиопатии. Последняя рассматривается как специфическое поражение миокарда при СД, развивающееся независимо от ишемической болезни сердца и артериальной гипертензии и характеризующееся структурно-функциональным ремоделированием сердечной мышцы.

В основе диабетической кардиомиопатии лежат метаболические и молекулярные нарушения, приводящие к развитию интерстициального и периваскулярного фиброза, гипертрофии кардиомиоцитов, нарушению межклеточных взаимодействий, эндотелиальной дисфункции, а также изменению работы ионных каналов. Указанные процессы способствуют электрической нестабильности миокарда и создают условия для возникновения нарушений ритма и проводимости, включая фибрилляцию предсердий, желудочковые тахикардии и различные формы блокады. По данным А. Rawshani и соавт., у пациентов с СД 2-го типа риск развития фибрилляции предсердий и других нарушений ритма достоверно выше по сравнению с лицами без диабета [2].

Выявленные в настоящем исследовании лабораторные и ЭХОКГ изменения патогенетически соответствуют современным представлениям о механизмах формирования диабетической кардиомиопатии. Повышение уровней воспалительных маркеров, атерогенные сдвиги липидного спектра, изменения показателей гемостаза, а также признаки структурно-функционального ремоделирования

сердца следует рассматривать не как изолированные нарушения, а как взаимосвязанные компоненты единого патологического процесса, развивающегося при СД 2-го типа.

Таким образом, СД 2-го типа формирует комплексную патологическую среду, способствующую поражению миокарда, сосудистой стенки и системы гемостаза. На этом фоне диабетическая кардиомиопатия может рассматриваться как одно из ключевых звеньев, опосредующих повышение сердечно-сосудистого риска, включая риск развития аритмий, хронической сердечной недостаточности и других неблагоприятных сердечно-сосудистых исходов.

Полученные результаты подчеркивают необходимость комплексного обследования пациентов с СД 2-го типа, включающего оценку не только параметров гликемического контроля, но и показателей воспаления, липидного обмена, гемостаза, а также структурно-функционального состояния миокарда.

Заключение. В ходе проведенного исследования установлено, что СД 2-го типа сопровождается достоверными изменениями лабораторных показателей, отражающими хроническое субклиническое воспаление, атерогенную дислипидемию, гипергликемию и протромботическое состояние. Указанные метаболические и воспалительные сдвиги формируют патофизиологическую основу развития нарушений сердечного ритма и проводимости, подтверждая системный и многофакторный характер заболевания. Полученные результаты подчеркивают необходимость ранней стратификации сердечно-сосудистого риска и комплексного мониторинга метаболического профиля и сердечного ритма у пациентов с СД 2-го типа с целью профилактики жизнеугрожающих сердечно-сосудистых осложнений.

Сведения об авторах

Однокол Полина Олеговна – курсант 6-го курса, 4-го факультета, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0003-2033-9610; SPIN: 6660-7128; e-mail: odnokol.polina@mail.ru

Тришкин Макар Алексеевич – курсант 5-го курса, 3-го факультета, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0002-7598-4855; SPIN: 7136-8326; e-mail: hoizidcfpv@yandex.ru

Кутелев Геннадий Геннадьевич – доктор медицинских наук, профессор кафедры военно-морской терапии, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0002-6489-9938; SPIN: 5139-8511; e-mail: gena08@yandex.ru

Пугачёв Максим Игоревич – кандидат медицинских наук, доцент кафедры терапии неотложных состояний, Филиал Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова в г. Москве; Россия, 107392, Москва, ул. Малая Черкизовская, д. 7; ORCID: 0000-0001-5523-8233; eLibrary SPIN: 1549-6552; e-mail: kenig.max@mail.ru

Information about the authors

Polina O. Odnokol – 6th year cadet of the 4th faculty, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0000-0003-2033-9610; SPIN: 6660-7128; e-mail: odnokol.polina@mail.ru

Makar A. Trishkin – 5th year cadet of the 3rd faculty, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0000-0002-7598-4855; SPIN: 7136-8326; e-mail: hoizidcfpv@yandex.ru

Gennady G. Kutelev – Dr. of Sci. (Med.), Professor of the Department of Naval Therapy, Military Medical Academy; 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0000-0002-6489-9938; SPIN: 5139-8511; e-mail: gena08@yandex.ru

Maxim I. Pugachev – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Emergency Branch of the Military Medical Academy in Moscow, 107392, Moscow, Malaya Cherkizovskaya Str., 7; ORCID: 0000-0001-5523-8233; eLibrary SPIN: 1549-6552; e-mail: kenig.max@mail.ru

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Наибольший вклад распределен следующим образом: сбор и обработка материалов, анализ полученных данных, написание текста, обзор литературы, подготовка рукописи — П. О. Однокол; анализ полученных данных, написание текста, обзор литературы — М. А. Тришкин; концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материалов, анализ полученных данных — Г. Г. Кутелев; концепция и дизайн исследования — М. И. Пугачев

Authors' contributions All authors confirm that their authorship complies with the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research, and preparation of the article, as well as read and approved the final version before its publication).

Special contribution: NVB, MST the concept and plan of the study. NLS, GKG, VPG collection and mathematical analysis of data. NRA preparation of the manuscript.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure: The authors declare that they have no competing interests.

Финансирование: исследование проведено без дополнительного финансирования.

Funding: the study was carried out without additional funding.

Поступила/Received: 18.04.2026

Принята к печати/Accepted: 15.09.2026

Опубликована/Published: 30.09.2026

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Ушанова Ф. О., Измайлова М. Я., Надыбина М. Н. Нарушения сердечного ритма у пациентов с сахарным диабетом 2 типа // *FOCUS. Эндокринология*. 2024. Т. 5, № 2. С. 12–19 [Ushanova F. O., Izmailova M. Ya., Nadybina M. N. Heart rhythm disturbances in patients with type 2 diabetes mellitus. *FOCUS. Endocrinology*, 2024, Vol. 5, No. 2, pp. 12–19 (In Russ.)].
2. Rawshani A., Rawshani A., Franzén S., et al. Risk Factors, Mortality, and Cardiovascular Outcomes in Patients with Type 2 Diabetes. *N Engl J Med*, 2018, Vol. 379, No. 7, pp. 633–644. doi: 10.1056/NEJMoa1800256.
3. Ormazabal V., Nair S., Elfeky O., Aguayo C., Salomon C., Zuñiga F.A. Association between insulin resistance and the development of cardiovascular disease. *Cardiovasc Diabetol*, 2018, Vol. 17, No. 1, pp. 122. doi: 10.1186/s12933-018-0762-4.
4. Gkrania-Klotsas E., Ye Z., Cooper A. J., et al. Differential White Blood Cell Count and Type 2 Diabetes: Systematic Review and Meta-Analysis of Cross-Sectional and Prospective Studies. *PLoS One*, 2010, Vol. 5, No. 10, pp. e13405. doi: 10.1371/journal.pone.0013405.
5. Jannat F., Riaz M., Khan M., et al. Anemia in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: Pathophysiology and Clinical Implications. *Clin Diabetol*, 2023, Vol. 12, No. 3, pp. 201–208. doi: 10.5603/DK.a2023.0012.
6. Mertens L., Van Gaal L. F. Mechanisms Linking Obesity and Cardiovascular Disease. *Nature*, 2006, Vol. 444, pp. 875–880. doi: 10.1038/nature05487.
7. German Diabetes Study Group. Platelet Activation and Cardiovascular Risk in Patients with Type 2 Diabetes. *Diabetes Care*, 2014, Vol. 37, No. 8, pp. 2326–2334. doi: 10.2337/dc13-2456.
8. Morton J. I., Zoungas S., Li Q., et al. Low HDL Cholesterol and Microvascular Complications in Type 2 Diabetes: The ADVANCE Study. *Diabetologia*, 2012, Vol. 55, No. 8, pp. 2241–2249. doi: 10.1007/s00125-012-2561-0.
9. Taskinen M. R. Diabetic Dyslipidemia: From Basic Research to Clinical Practice. *Diabetologia*, 2003, Vol. 46, pp. 733–749. doi: 10.1007/s00125-003-1111-y.
10. Jia G., Hill M. A., Sowers J. R. Diabetic Cardiomyopathy: An Update of Mechanisms Contributing to This Clinical Entity. *Circ Res*, 2018, Vol. 122, No. 4, pp. 624–638. doi: 10.1161/CIRCRESAHA.117.311586.
11. Paulus W. J., Tschöpe C. A Novel Paradigm for Heart Failure with Preserved Ejection Fraction: Comorbidities Drive Myocardial Dysfunction. *J Am Coll Cardiol*, 2013, Vol. 62, No. 4, pp. 263–271. doi: 10.1016/j.jacc.2013.02.092.
12. Kannel W. B., Benjamin E. J. Status of the Epidemiology of Atrial Fibrillation. *Med Clin North Am*, 2008, Vol. 92, No. 1, pp. 17–40. doi: 10.1016/j.mcna.2007.09.002.
13. Huxley R. R., Filion K. B., Konety S., Alonso A. Meta-analysis of Cohort and Case-Control Studies of Type 2 Diabetes Mellitus and Risk of Atrial Fibrillation. *Am J Cardiol*, 2011, Vol. 108, No. 1, pp. 56–62. doi: 10.1016/j.amjcard.2011.03.004.
14. Sowers J. R., Epstein M., Frohlich E. D. Diabetes, Hypertension, and Cardiovascular Disease: An Update. *Hypertension*, 2001, Vol. 37, pp. 1053–1059. doi: 10.1161/01.HYP.37.4.1053.
15. Brownlee M. The Pathobiology of Diabetic Complications: A Unifying Mechanism. *Diabetes*, 2005, Vol. 54, No. 6, pp. 1615–1625. doi: 10.2337/diabetes.54.6.1615.

РЕСУРСНАЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ МЕДИЦИНСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ СЛУЖБЫ МЕДИЦИНЫ КАТАСТРОФ РЕГИОНАЛЬНОГО УРОВНЯ: ЗНАЧЕНИЕ АНАЛИЗА РАСПОРЯДИТЕЛЬНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

П. А. Суин*

Московский территориальный научно-практический центр медицины катастроф Департамента
здравоохранения города Москвы, Москва, Россия
Филиал Военно-медицинской академии в г. Москве, Москва, Россия

ВВЕДЕНИЕ. Формирование врачебно-сестринских бригад (ВСБ) на базе медицинских организаций службы медицины катастроф (СМК) субъекта Российской Федерации носит затратный и ресурсоемкий характер. Вопросам ресурсного обеспечения медицинских организаций при планировании и создании ВСБ в настоящее время уделяется недостаточное внимание, и на сегодняшний день они остаются малоисследованными.

ЦЕЛЬ. На основании анализа распорядительной документации органа государственной власти Москвы в сфере охраны здоровья разработать перечень мероприятий, повышающих уровень ресурсной готовности медицинских организаций СМК к созданию нештатных формирований, способных к эффективному выполнению задач по предназначению.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Проведен анализ действующего Положения о ВСБ медицинской организации государственной системы здравоохранения Москвы. В исследовании применялись аналитический метод, методы сравнительного и системного анализа, сопоставления и научного обобщения, экспертных оценок и контент-анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Определен перечень необходимых ресурсов для создания нештатных формирований на базе медицинских организаций СМК, установлены группы ресурсной обеспеченности, определены потребности медицинских организаций в ресурсах для создания ВСБ.

ОБСУЖДЕНИЕ. На основе установленных компонентов ресурсной обеспеченности медицинских организаций обоснована целесообразность внесения дополнений в распорядительные документы органа государственной власти субъекта РФ. Данные дополнения направлены на уточнение задач ВСБ в целях повышения их эффективности, совершенствования порядка назначения работников в их состав, формирование укладов ВСБ двух видов различного содержания в соответствии с выполняемыми задачами, а также разработку и внедрение медицинской информационной системы для унификации учета и формирования единой статистической отчетности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Проведенное комплексное исследование позволило установить перечень и сформулировать требования к компонентам ресурсной обеспеченности медицинских организаций, обосновать наличие в них соответствующих ресурсов для формирования ВСБ, а также разработать предложения по повышению уровня ресурсной готовности медицинских организаций СМК.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, служба медицины катастроф, чрезвычайная ситуация, медицинская организация, нештатное формирование, врачебно-сестринская бригада, ресурсная обеспеченность, ресурсная готовность

*Для корреспонденции: Суин Павел Анатольевич, e-mail: paul-s@bk.ru

*For correspondence: Pavel A. Suin, e-mail: paul-s@bk.ru

Для цитирования: Суин П. А. Ресурсная обеспеченность медицинских организаций службы медицины катастроф регионального уровня: значение анализа распорядительной документации // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 3. С. 143–152, <https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-00-00>; EDN: <https://elibrary.ru/ZXDQWC>

For citation: Suin P. A. Resource support of medical organizations of disaster medical service at regional level: importance of administrative documentation analysis // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 3. P. 143–152, <https://dx.doi.org/10.67821/2413-5747-2026-12-3-143-152>; EDN: <https://elibrary.ru/ZXDQWC>

RESOURCE SUPPORT OF MEDICAL ORGANIZATIONS OF DISASTER MEDICAL SERVICE AT REGIONAL LEVEL: IMPORTANCE OF ADMINISTRATIVE DOCUMENTATION ANALYSIS

*Pavel A. Suin**

Moscow Territorial Scientific and Practical Center of Disaster Medicine of the Department of Healthcare of the City of Moscow, Moscow, Russia
Branch of the Military Medical Academy in Moscow, Moscow, Russia

INTRODUCTION. The formation of medical-nursing teams (MNTs) within the framework of disaster medicine service (DMS) medical organizations in a constituent entity of the Russian Federation is costly and resource-intensive. Resource support for medical organizations is currently given insufficient attention and under-researched when planning and establishing MNTs.

OBJECTIVE. Based on the analysis of the administrative documentation of the Moscow state authority in the field of healthcare, develop a list of measures to increase the level of resource readiness of medical organizations of the QMS to create non-staff formations capable of effectively performing tasks for their intended purpose.

MATERIALS AND METHODS. An analysis of the current Regulation on the MNT of a medical organization in the Moscow state healthcare system was conducted. The study applied analytical methods, comparative and systemic analysis, comparison and scientific synthesis, expert assessments, and content analysis.

RESULTS. A list of necessary resources for the creation of non-staff formations based on medical organizations of the QMS has been determined, resource provision groups have been established, and the needs of medical organizations for resources to create MNT have been determined.

DISCUSSION. Based on the established components of the resource provision of medical organizations, the feasibility of introducing amendments to the regulatory documents of the state authority of the constituent entity of the Russian Federation is substantiated. These amendments are aimed at clarifying the tasks of the MNT to improve their effectiveness, improving the procedure for assigning personnel to them, creating MNT manuals of two types with different content in accordance with the tasks performed, and developing and implementing a medical information system to standardize accounting and generate unified statistical reporting.

CONCLUSION. The conducted comprehensive study made it possible to establish a list and formulate requirements for the components of resource provision of medical organizations, to justify the availability of appropriate resources for the MNT formation and to develop proposals for increasing the level of resource readiness of medical organizations for the QMS.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, disaster medicine service, emergency, medical organization, non-staff formation, medical and nursing team, resource availability, resource readiness

Введение. Создание нештатного формирования на базе медицинской организации службы медицины катастроф (СМК) субъекта Российской Федерации, способного с высоким качеством выполнить поставленные задачи в условиях чрезвычайной ситуации (ЧС) или при проведении мероприятий с массовым сосредоточением людей, является затратной и ресурсоемкой деятельностью. Анализ научной литературы свидетельствует, что вопросам ресурсного обеспечения медицинских организаций при планировании и создании нештатных формирований, уделяется недостаточное внимание, и на сегодняшний день они остаются малоисследованными [1–3].

На основании плана-задания, утвержденного органом государственной власти субъекта Российской Федерации в сфере охраны здоровья, на базах медицинских организаций СМК, оказывающих первичную медико-санитарную или специализированную медицинскую помощь,

создаются нештатные медицинские формирования — врачебно-сестринские бригады (ВСБ). Основными задачами ВСБ при ликвидации медико-санитарных последствий ЧС являются оказание первичной медико-санитарной помощи и организация подготовки к медицинской эвакуации пострадавших; при медико-санитарном обеспечении мероприятий с массовым сосредоточением людей — оказание первичной медико-санитарной помощи (при необходимости) [4–6]. В соответствии с распорядительными документами Правительства Москвы^{1, 2} ВСБ создаются в подведомственных Департаменту

¹О Территориальной службе медицины катастроф города Москвы: приказ Департамента здравоохранения города Москвы от 25 ноября 2021 г. № 1171

²О внесении изменений в приказ Департамента здравоохранения города Москвы от 25 ноября 2021 г. № 1171 «О Территориальной службе медицины катастроф города Москвы»: приказ Департамента здравоохранения города Москвы от 29 апреля 2022 г. № 432

здравоохранения города Москвы (ДЗМ) медицинских организациях, оказывающих первичную медико-санитарную помощь.

Многолетний опыт работы СМК Москвы показал, что на территории мегаполиса в отношении пострадавших при ЧС или на мероприятиях с массовым сосредоточением людей обоснована их медицинская эвакуация в профильные отделения медицинских организаций, оказывающих специализированную медицинскую помощь, в кратчайшие сроки штатными формированиями СМК с оказанием экстренной медицинской помощи во время эвакуации.

В силу сложившейся в Москве тактики применения медицинских сил СМК ВСБ преимущественно привлекаются к медико-санитарному обеспечению мероприятий с массовым сосредоточением людей. При ЧС им отводится роль по оказанию первичной медико-санитарной помощи в неотложной форме работникам аварийно-спасательных формирований во временных медицинских пунктах и населению в пунктах временного размещения [7].

Вместе с тем в ряде субъектов Российской Федерации при дефиците бригад службы скорой медицинской помощи, при ЧС с большим числом пострадавших, а также в труднодоступных и отдаленных местностях, привлечение ВСБ к ликвидации медико-санитарных последствий ЧС будет носить обязательный характер с выполнением комплекса мероприятий по медико-санитарному обеспечению пострадавших в полном объеме.

Действующее в настоящее время Положение о ВСБ не в полной мере отражает потребность медицинских организаций государственной системы здравоохранения Москвы в ресурсах, необходимых для создания на их базах нештатных формирований, обладающих высокой функциональной надежностью. Кроме того, потребность в некоторых ресурсах, регламентированных Положением о ВСБ, или, напротив, их отсутствие в медицинской организации вступает в противоречие с целесообразностью их наличия и качественной характеристикой.

Цель. На основании анализа распорядительной документации органа государственной власти г. Москвы в сфере охраны здоровья разработать перечень мероприятий, повышающих уровень ресурсной готовности медицинских организаций СМК к созданию нештатных формирований, способных к эффективному выполнению задач по предназначению.

Материал и методы. Проведен анализ действующего Положения о ВСБ медицинской организации государственной системы здравоохранения города Москвы (Положение о ВСБ), утвержденного приказом ДЗМ от 25.11.2021 № 1171 (в редакции приказа ДЗМ от 29.04.2022 № 432); установлены компоненты ресурсной обеспеченности медицинской организации для формирования ВСБ, сформулированы требования, предъявляемые к ресурсам. В исследовании применялись аналитический метод, методы сравнительного и системного анализа, сопоставления и научного обобщения, экспертных оценок и контент-анализа.

Ограничения исследования. Материалы исследования ограничены анализом Положения о ВСБ медицинской организации государственной системы здравоохранения г. Москвы и результатами исследований автора по изучению ресурсной готовности медицинских организаций СМК регионального уровня для создания на их базах нештатных формирований. Указанные ограничения не снижают практической значимости результатов исследования.

Результаты. На основании проведенного анализа Положения о ВСБ установлен перечень ресурсов медицинской организации, необходимых для формирования на ее базе ВСБ, способной с высоким качеством выполнять поставленные задачи в условиях ЧС или при проведении мероприятий с массовым сосредоточением людей. Результаты анализа с учетом задач, стоящих перед ВСБ, позволили распределить ресурсы на группы, составляющие ресурсную обеспеченность медицинской организации, а также указывающие на потребность медицинской организации в определенных ресурсах при создании нештатного формирования (см. таблицу).

Организационно-управленческие ресурсы. Распорядительные документы органа государственной власти субъекта РФ в сфере охраны здоровья, приказ руководителя медицинской организации о создании ВСБ, функциональные обязанности, схема оповещения и сбора работников ВСБ, распоряжения вышестоящего органа управления о формировании ВСБ, справочные материалы, планирующая документация, направленная на повышение компетенций работников ВСБ по вопросам медицины катастроф и оказания экстренной медицинской помощи пострадавшим при ЧС и на мероприятиях с массовым сосредоточением людей.

Таблица

Компоненты ресурсной обеспеченности медицинской организации службы медицины катастроф для формирования врачебно-сестринской бригады (ВСБ)

Table

Components of resource provision of a medical organization of the disaster medicine service for the formation of a medical and nursing team

Ресурс (предмет) / Resource (item)	Требования к ресурсу / Resource requirements
1. ОРГАНИЗАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ / ORGANIZATIONAL AND MANAGEMENT RESOURCES	
Приказ ДЗМ от 25.11.2021 № 1171 «О Территориальной службе медицины катастроф города Москвы» с изменениями, внесенными приказом ДЗМ от 29.04.2022 № 432 «О внесении изменений в приказ ДЗМ от 25.11.2021 № 1171»	Утверждает: – Положение о ВСБ; – план-задание медицинским организациям государственной системы здравоохранения г. Москвы на формирование ВСБ; – требования к комплектации лекарственными препаратами и медицинскими изделиями укладки для оказания первичной медико-санитарной помощи взрослым в неотложной форме
Приказ руководителя медицинской организации о создании ВСБ	Указываются персональный состав ВСБ и дублирующий состав, порядок комплектования, оснащения и привлечения к выполнению задач по предназначению Перерабатывается при необходимости внесения изменений
Функциональные обязанности работников ВСБ	Утверждаются руководителем медицинской организации — формирователем ВСБ
Схема оповещения и сбора работников ВСБ в рабочее и нерабочее время	Утверждается руководителем медицинской организации — формирователем ВСБ
Папка руководителя ВСБ (справочные материалы)	Включает в себя: – выписку из приказа о создании ВСБ с указанием персонального состава; – схему оповещения и сбора в рабочее и нерабочее время; – таблицу оснащения имуществом с указанием его фактического наличия; – функциональные обязанности работников ВСБ; – материалы по теоретической и практической подготовке
Указания ГБУЗ «Центр внедрения современных технологий управления медицинскими организациями города Москвы» на выделение ВСБ для медико-санитарного обеспечения мероприятий с массовым сосредоточением людей	В режиме повседневной деятельности
Распоряжение ГБУЗ особого типа «МТНПЦМК (ЦЭМП) ДЗМ» на выделение ВСБ для ликвидации медико-санитарных последствий ЧС	В режиме повышенной готовности В режиме чрезвычайной ситуации
План действий по предупреждению и ликвидации ЧС в медицинской организации — формирователе ВСБ	Утверждается руководителем медицинской организации — формирователем ВСБ
План обеспечения общественных мероприятий с массовым сосредоточением людей	Разрабатывается префектурами административных округов Москвы
План «Ежегодная специальная подготовка медицинских работников ВСБ (в т.ч. дублирующего состава) по вопросам оказания экстренной медицинской помощи пострадавшим при ЧС и на мероприятиях с массовым сосредоточением людей»	Утверждается руководителем медицинской организации — формирователем ВСБ

Продолжение таблицы см. на стр. 147.

Ресурс (предмет) / Resource (item)	Требования к ресурсу / Resource requirements
2. КАДРОВЫЕ РЕСУРСЫ / HUMAN RESOURCES	
Врач по специальности «общая врачебная практика (семейная медицина)» (руководитель ВСБ) — 1	Квалифицированный специалист, имеющий опыт лечебной и организаторской работы; владеет современными методами диагностики и лечения неотложных состояний, правилами медицинской сортировки пострадавших
Специалист со средним профессиональным (медицинским) образованием (медицинская сестра) — 2	Наиболее квалифицированный специалист, имеющий стаж практической работы не менее трех лет, опыт работы и подготовку по оказанию неотложной медицинской помощи
3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ / MATERIAL AND TECHNICAL RESOURCES	
Укладка для оказания первичной медико-санитарной помощи взрослым в неотложной форме (для работы при ЧС и на мероприятиях с массовым сосредоточением людей) — 1 на ВСБ	Комплектуется лекарственными препаратами и медицинскими изделиями медицинской организацией – формирователем ВСБ за счет текущего снабжения из расчета на 25 пострадавших
Специальная одежда	Наименование и порядок выдачи осуществляется в соответствии с приказом Минздравсоцразвития России от 18.11.04.2004 № 201 «Об обеспечении специальной одеждой и обувью работников службы медицины катастроф МЗСР Российской Федерации».
Средства связи (стационарные и / или мобильные телефоны, рации)	– оповещение работников ВСБ в рабочее (нерабочее) время о приведении в готовность ВСБ; – обеспечение взаимодействия с медицинскими и другими формированиями, участвующими в ликвидации последствий ЧС; – информирование руководителя медицинской организации – формирователя ВСБ о состоянии дел
Автомобиль легковой (санитарный)	Выделяется ГУП Автокомбинат санитарного транспорта («Мосавтосантранс») ДЗМ по заявке ГБУЗ «Центр внедрения современных технологий управления медицинскими организациями города Москвы»
4. ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ / INFORMATION AND ANALYTICAL RESOURCES	
Сведения о пострадавших и летальных исходах	Форма 1 (утверждена приказом ДЗМ от 25.11.2021 № 1171 «О Территориальной службе медицины катастроф города Москвы»)
Отчет об обращениях за медицинской помощью при проведении мероприятий с массовым сосредоточением людей	Форма 3 (утверждена приказом ДЗМ от 25.11.2021 № 1171 «О Территориальной службе медицины катастроф города Москвы»)
Сопроводительный лист станции (отделения) скорой медицинской помощи и талон к нему	Форма № 114/у утверждена приказом Минздравсоцразвития России от 02.12.2009 № 942 «Об утверждении статистического инструментария станции (отделения), больницы скорой медицинской помощи»).

Кадровые ресурсы. Работники ВСБ: врач по специальности «общая врачебная практика (семейная медицина)», средние медицинские работники — 2 медицинские сестры.

Материально-технические ресурсы. Укладка для оказания первичной медико-санитарной помощи взрослым в неотложной форме, специальная одежда, средства индивидуальной защиты и средства связи, автомобиль (санитарный).

Информационно-аналитические ресурсы. Учетно-отчетная документация ВСБ и меди-

цинской организации — формирователя ВСБ: сведения о пострадавших и летальных исходах (форма 1), отчет об обращениях за медицинской помощью при проведении мероприятий с массовым сосредоточением людей (форма 3) и др.

Обсуждение. Анализ представленных в таблице ресурсов, а также личный опыт участия автора исследования в ликвидации медико-санитарных последствий ЧС и медико-санитарном обеспечении мероприятий с массовым сосредоточением людей позволили установить

перечень ресурсов, недостаточно полно раскрытых в Положении о ВСБ, обосновать их необходимость при создании ВСБ, сформулировать ключевые позиции и выводы. Рассмотрим, на наш взгляд, наиболее важные из них.

Привлечение ВСБ к участию в ликвидации медико-санитарных последствий ЧС и медико-санитарному обеспечению мероприятий с массовым сосредоточением людей устанавливает определенные требования к кадровым ресурсам медицинской организации при создании штатного формирования. Работники ВСБ должны обладать знаниями, навыками и умениями проведения медицинской сортировки, оказания первичной медико-санитарной помощи в экстренной и неотложной формах, подготовки пострадавших к медицинской эвакуации в профильные отделения медицинских организаций, оказывающих специализированную медицинскую помощь.

Вместе с тем требованиями Положения о ВСБ установлено, что врач бригады в условиях ЧС в рамках оказания первичной медико-санитарной помощи выполняет мероприятия по медицинскому наблюдению, профилактике, диагностике и лечению, проводит систематический контроль за состоянием здоровья пострадавших и лиц, находящихся в зоне ЧС, с учетом особенностей и условий медико-тактической обстановки. Данное требование входит в противоречие с основными принципами организации и оказания медицинской помощи пострадавшим при ЧС³: своевременным оказанием медицинской помощи в экстренной форме на границе зоны ЧС, проведением в кратчайшие сроки медицинской эвакуации пострадавших и сокращением количества этапов медицинской эвакуации [5, 8]. Возможность их выполнения при медико-санитарном обеспечении мероприятий с массовым сосредоточением людей также сомнительна, так как опыт показывает, что организаторами массовых мероприятий требования по созданию необходимых условий для работы ВСБ, в том числе по ее размещению (выделение помещений, обеспеченных телефонной связью, укомплектованных медицин-

ской мебелью и др.), выполняются не всегда [7].

Не имея собственного палаточного фонда для развертывания полноценного этапа медицинской эвакуации, ВСБ при ликвидации медико-санитарных последствий ЧС работают в составе медицинских сил СМК региона — в пунктах сбора и сортировки пострадавших, пунктах временного размещения населения, медицинских пунктах для оказания медицинской помощи работникам аварийно-спасательных формирований. При медико-санитарном обеспечении мероприятий с массовым сосредоточением населения ВСБ оказывают содействие в местах их проведения, подготовленных для предоставления медицинской помощи: на выделенных организаторами объектах, а также в транспорте, имеющем салон для осмотра. Таким образом, основными задачами, выполняемыми работниками ВСБ как при ликвидации медико-санитарных последствий ЧС, так и при медико-санитарном обеспечении мероприятий с массовым сосредоточением населения, являются: 1) оказание первичной медико-санитарной помощи пострадавшим и работникам аварийно-спасательных формирований в экстренной и неотложной формах; 2) обеспечение преемственности штатных формирований СМК (выездным бригадам службы скорой медицинской помощи и Территориального центра медицины катастроф субъекта РФ) для медицинской эвакуации пострадавших в медицинские организации, оказывающие специализированную помощь, в кратчайшие сроки.

Одним из факторов, обуславливающих высокую степень готовности к выполнению возложенных на ВСБ задач, является обучение работников и дублирующего состава ВСБ навыкам оказания экстренной медицинской помощи пострадавшим при ЧС и на мероприятиях с массовым сосредоточением людей, проводимое на базе медицинской организации — формирователя ВСБ в системе специальной подготовки медицинских работников.

В распорядительных документах ДЗМ недостаточно полно отражены требования к работникам ВСБ при наличии у них подготовки на циклах повышения квалификации в рамках дополнительного профессионального образования по вопросам медицины катастроф. Наличие документального подтверждения повышения квалификации по учебной дисциплине «Медицина катастроф» для работников и дублирующего со-

³Об утверждении Порядка организации и оказания Всероссийской службой медицины катастроф медицинской помощи при чрезвычайных ситуациях, в том числе медицинской эвакуации: приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 6 ноября 2020 г. № 1202н // Официальный интернет-портал правовой информации <http://pravo.gov.ru>. 2020. № 0001202011120032.

става ВСБ должно являться определяющим условием при их назначении в состав ВСБ. В целях повышения уровня готовности работников ВСБ к выполнению поставленных задач, руководителям медицинских организаций целесообразно направлять работников и дублирующий состав ВСБ на циклы повышения квалификации по вопросам медицины катастроф с периодичностью не реже одного раза в 5 лет [9].

Требования к комплектации для оказания первичной медико-санитарной помощи взрослым в неотложной форме установлены перечнем лекарственных препаратов и медицинских изделий Положения о ВСБ. Для каждой ВСБ предусмотрено формирование одной укладки, включающей 45 лекарственных препаратов и 36 наименований медицинских изделий, предназначенной к применению при ликвидации медико-санитарных последствий ЧС или при медико-санитарном обеспечении мероприятий с массовым сосредоточением людей из расчета оказания медицинской помощи 25 пострадавшим.

Экспертная оценка действующей редакции Перечня применительно к возможности применения содержимого укладки для оказания первичной медико-санитарной помощи пострадавшим при ЧС и на мероприятиях с массовым сосредоточением людей показала, что ВСБ, оснащенная существующей укладкой, в состоянии оказывать первичную доврачебную и врачебную медико-санитарную помощь только в неотложной форме в амбулаторных условиях, преимущественно пострадавшим с патологией по основным терапевтическим специальностям, а также выполнять простейшие врачебные манипуляции (пункция магистральных вен и катетеризация мочевого пузыря).

Данные научных литературных источников свидетельствуют, что перечень врачебных манипуляций при оказании первичной врачебной медико-санитарной помощи в экстренной и неотложной формах пострадавшим при ЧС и на мероприятиях с массовым сосредоточением людей существенно различается. Опыт ликвидации медико-санитарных последствий ЧС показывает, что доля пострадавших с хирургической и травматологической патологией при ЧС достигает 80 %⁴, что требует эффективного купирования жизнеугрожающих состояний,

связанных с асфиксией, острой дыхательной недостаточностью и шоком [4]. При медико-санитарном обеспечении мероприятий с массовым сосредоточением людей преимущественно отмечается терапевтическая патология, требующая оказания неотложной медицинской помощи в амбулаторных условиях [10, 11].

Таким образом, существующий перечень лекарственных препаратов и медицинских изделий, входящих в состав укладки, существенно ограничивает возможности автономного применения ВСБ при ликвидации медико-санитарных последствий ЧС. Для обеспечения эффективной работы ВСБ при оказании качественной первичной врачебной медико-санитарной помощи пострадавшим в экстренной и неотложной формах в различных условиях целесообразно пересмотреть перечень с возможностью формирования упаковок двух видов, в соответствии с выполняемыми ВСБ задачами, из расчета оказания медицинской помощи 25 пострадавшим:

- укладка для оказания первичной медико-санитарной помощи при ликвидации медико-санитарных последствий ЧС: для борьбы с жизнеугрожающими состояниями (асфиксия, острая дыхательная недостаточность, шок и др.) и выполнения врачебных манипуляций пострадавшим преимущественно с хирургической патологией;

- укладка для оказания первичной медико-санитарной помощи при медико-санитарном обеспечении мероприятий с массовым сосредоточением людей: для оказания неотложной медицинской помощи в амбулаторных условиях пострадавшим преимущественно с терапевтической патологией.

Существующий в настоящее время порядок регистрации обратившихся за медицинской помощью, пострадавших при ЧС и на мероприятиях с массовым сосредоточением людей, а также учет проведенных манипуляций работниками ВСБ регламентированы Положением о ВСБ. Алгоритм учета пострадавших и отчетности о деятельности ВСБ не претерпел существенных изменений с момента создания ВСБ в 90-х годах XX века и включает следующие последовательные мероприятия:

- заполнение врачом ВСБ учетной и отчетной документации вручную на бумажном носителе;

⁴Методические рекомендации по лечению боевой хирургической травмы / Д. В. Тришкин, Е. В. Крюков, А. П. Чуприна [и др.]. Москва: Главное военно-медицинское управление Министерства обороны Российской Федерации, 2022. 373 с

– предоставление заполненных документов представителю ГБУЗ особого типа — «Московский территориальный научно-практический центр медицины катастроф (МТНПЦМК (ЦЭМП) ДЗМ) для внесения данных в медицинскую информационную систему, формирования сводного отчета о санитарных потерях и оказанной медицинской помощи пострадавшим при ЧС или на мероприятии с массовым сосредоточением людей;

– обобщение в МТНПЦМК (ЦЭМП) ДЗМ полученных результатов, их анализ и выявление факторов, оказавших негативное влияние на работу ВСБ, для их устранения при перспективном планировании медико-санитарного обеспечения пострадавших.

Таким образом, в настоящее время первичная информация о пострадавших, поступающая от ВСБ на бумажном носителе, оцифровывается в МТНПЦМК (ЦЭМП) ДЗМ для дальнейшей обработки и анализа.

Учитывая требования руководящих документов Министерства здравоохранения Российской Федерации⁵, современные разработки в области информационных технологий, в том числе возможность оказания медицинской помощи пострадавшим при ЧС с использованием телемедицинских технологий [12, 13], целесообразно создать и внедрить в деятельность ВСБ программное обеспечение в виде соответствующей медицинской информационной системы для унификации учета и формирования единой статистической отчетности, а также оснастить ВСБ планшетами для ввода информации по предлагаемым шаблонам и передачи необходимых данных представителю Территориального центра медицины катастроф субъекта РФ.

Заключение. Проблемные вопросы ресурсной готовности медицинских организаций СМК регионального уровня, оказывающих первичную медико-санитарную помощь, к созданию на их базе ВСБ с учетом увеличения количества ЧС различного характера и повышения террористической опасности в настоящее время являются высокоакту-

альными. Проведенное комплексное исследование, основанное на анализе Положения о ВСБ, позволило установить перечень их обеспеченности и обосновать необходимость соответствующих ресурсов в медицинской организации для формирования ВСБ.

Распорядительная документация органа государственной власти субъекта Российской Федерации в сфере охраны здоровья, регламентирующая порядок создания, управления и функционирования ВСБ в различных режимах готовности, а также деятельность работников ВСБ в условиях ЧС и на мероприятиях с массовым сосредоточением людей должна соответствовать требованиям актуальных нормативных правовых актов Российской Федерации. В нее должны своевременно вноситься изменения и дополнения при изменении требований федеральных законов и приказов Минздрава России, регламентирующих деятельность службы медицины катастроф.

Для повышения уровня ресурсной готовности СМК субъектов Российской Федерации к созданию ВСБ при разработке распорядительной документации, регламентирующей их деятельность, целесообразно предусмотреть включение следующих положений:

– основными задачами ВСБ считать:

1) оказание первичной медико-санитарной помощи пострадавшим и работникам аварийно-спасательных формирований в экстренной и неотложной формах;

2) обеспечение преемственности штатных формирований СМК для медицинской эвакуации пострадавших в профильные стационары медицинских организаций в кратчайшие сроки.

– на уровне органа государственной власти субъекта Российской Федерации в сфере охраны здоровья: вести электронный реестр медицинских работников ВСБ для контроля наличия у них дополнительной подготовки по вопросам медицины катастроф и своевременного направления на циклы повышения квалификации на профильные кафедры медицинских вузов.

Руководителям медицинских организаций:

– организовать разработку плана повышения квалификации работников ВСБ по учебной дисциплине «медицина катастроф» и осуществлять контроль его своевременного исполнения;

– разработать и утвердить перечни лекарственных препаратов и медицинских изделий для формирования укладок двух видов

Об утверждении Порядка организации и оказания Всероссийской службой медицины катастроф медицинской помощи при чрезвычайных ситуациях, в том числе медицинской эвакуации: приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 6 ноября 2020 г. № 1202н // Официальный интернет-портал правовой информации <http://pravo.gov.ru>. 2020. № 0001202011120032.

в соответствии с выполняемыми ВСБ задачами из расчета оказания медицинской помощи 25 пострадавшим:

1) укладка для оказания первичной медико-санитарной помощи при ликвидации медико-санитарных последствий ЧС,

2) укладка для оказания первичной медико-санитарной помощи при медико-санитарном обеспечении мероприятий с массовым сосредоточением людей.

– в целях совершенствования материально-технического обеспечения ВСБ разработать и внедрить в медицинских организациях-формирователях электронную программу (систему поддержки принятия решений) «Перечень лекарственных препаратов и медицинских изделий укладки ВСБ» с возможностью визуального оповещения на экране монитора ЭВМ работника, уполномоченного осуществлять освежение

содержимого укладки, о необходимости замены лекарственного препарата или медицинского изделия в связи с истечением сроков хранения или годности.

В качестве развития системы контроля ресурсной готовности медицинских организаций СМК к созданию нештатных формирований также необходимо рассмотреть вопрос о разработке и внедрении автоматизированной системы мониторинга ресурсов в медицинской организации [14], включающей контроль обеспеченности организационно-управленческими, кадровыми, материально-техническими и информационно-аналитическими ресурсами, необходимыми для создания нештатных формирований, способных с высоким качеством выполнять поставленные задачи в условиях ЧС и на мероприятиях с массовым сосредоточением людей.

Сведения об авторе:

Суйн Павел Анатольевич – кандидат медицинских наук, доцент, заведующий научным отделом организации экстренной медицинской помощи Московского территориального научно-практического центра медицины катастроф (ЦЭМП) Департамента здравоохранения города Москвы; Россия, 129090, Москва, Б. Сухаревская пл., д. 5/1, стр. 1; доцент кафедры управления военным здравоохранением филиала Военно-медицинской академии в г. Москве; Россия, 107392, Москва, ул. М. Черкизовская, д. 7; ORCID: 0000-0002-5097-4183, e-mail: paul-s@bk.ru

Information about the author:

Pavel A. Suin – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor, Head of Scientific Department organizations of emergency medical care, Moscow Territorial Scientific and Practical Center of Disaster Medicine (EMCC) of the Department of Healthcare of the City of Moscow (5/1, p. 1, Bolshaya Sukharevskaya Square, Moscow, 129090, Russia); Associate Professor of the Department of Military Healthcare Management at the Moscow branch of the Military Medical Academy (7, Malaya Cherkizovskaya Str., Moscow, 107392, Russia); ORCID: 0000-0002-5097-4183, e-mail: paul-s@bk.ru

Вклад автора. Автор подтверждает соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE.

Author contribution: The author confirms the compliance of his authorship with the international ICMJE criteria.

Потенциальный конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. The author declares that he has no conflict of interest.

Финансирование: исследование проведено без дополнительного финансирования.

Funding: the study was carried out without additional funding.

Поступила/Received: 10.05.2026

Принята к печати/Accepted: 15.09.2026

Опубликована/Published: 30.09.2026

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Гуменюк С. А., Иванчин Д. В., Гуськова О. В. Некоторые вопросы правовой оценки медицинской сортировки и статуса медицинского работника службы медицины катастроф // *Здоровье мегаполиса*. 2021. Т. 2, № 1. С. 84–87 [Gumenyuk S. A., Ivanchin D. V., Guskova O. V. Some issues of legal assessment of medical triage and the status of a medical worker in the disaster medicine service. *Health of the metropolis*, 2021, Vol. 2, No. 1, pp. 84–87 (In Russ.)].
2. Авитисов П. В., Золотухин А. В., Дзуцев А. Х. Организация оказания медицинской помощи пострадавшим в чрезвычайных ситуациях социального характера разнородными медицинскими силами // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2023. № 4. С. 18–24 [Avitsov P. V., Zolotukhin A. V., Dzutsev A. Kh. Organization of medical care provision to victims in emergency situations of a social nature by multi-departmental medical forces. *Medical, biological and socio-psychological problems of safety in emergency situations*, 2023, No. 4, pp. 18–24 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.25016/2541-7487-2023-0-4-18-24>.
3. Буланов С. М., Гуськова О. В., Гуменюк С. А. Оптимизация работы медицинских специалистов лечебных медицинских организаций в условиях массового поступления пострадавших в чрезвычайных ситуациях // *Медицина катастроф*. 2024. № 1. С. 34–38 [Bulanov S. M., Guskova O. V., Gumenyuk S. A. Optimization of the work of medical specialists of medical treatment organizations in conditions of mass admission of victims in emergency situations. *Disaster Medicine*, 2024, No. 1, pp. 34–38 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33266/2070-1004-2024-1-34-38>.

4. Коряковский Л. Н., Харева Н. В., Артемьева В. Ф., Вальков А. В. Организация работы врачебно-сестринской бригады службы медицины катастроф Архангельской области. Архангельск: Минздравсоцразвития Архангельской области; 2011. 12 с. [Koryakovskiy L. N., Khareva N. V., Artemyeva V. F., Valkov A. V. Organization of the work of the medical and nursing team of the disaster medicine service of the Arkhangelsk region. Arkhangelsk: Ministry of Health and Social Development of the Arkhangelsk Region; 2011. 12 p. (In Russ.)].
5. Овчаренко А. П., Лемешкин Р. Н. Анализ деятельности нештатных формирований Службы медицины катастроф Министерства обороны Российской Федерации при ликвидации медико-санитарных последствий чрезвычайных ситуаций и пути ее совершенствования // *Известия Российской военно-медицинской академии*. 2022. Т. 41, № 3. С. 269–276 [Ovcharenko A. P., Lemeshkin R. N. Analysis of the activities of non-staff formations of the Disaster Medicine Service of the Ministry of Defense of the Russian Federation in the elimination of medical and sanitary consequences of emergency situations and ways to improve it. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*, 2022, Vol. 41, No. 3, pp. 269–276 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17816/rmmar84024>.
6. Киреев А. А. Организация деятельности нештатных формирований Всероссийской службы медицины катастроф Министерства здравоохранения Российской Федерации // *Современные научные и образовательные стратегии в общественном здоровье*. СПб.: ВМА им. С. М. Кирова; 2025. С. 145–151 [Kireev A. A. Organization of the activities of non-staff formations of the All-Russian Disaster Medicine Service of the Ministry of Health of the Russian Federation. *Modern scientific and educational strategies in public health*. St. Petersburg: MMA named after S.M. Kirov; 2025, pp. 145–151 (In Russ.)].
7. Федотов С. А., Дмитриев А. В., Круговых Е. А., и др. Опыт медицинского обеспечения мероприятий, связанных с массовым сосредоточением людей в Москве (особенности организации и применения врачебно-сестринских бригад). *ЦЭМПИИНОФОРМ*. 2011. № 8. С. 3–15 [Fedotov S. A., Dmitriev A. V., Krugovykh E. A., et al. Experience of medical support for events related to mass concentrations of people in Moscow (features of the organization and use of medical and nursing teams). *EMCCINFORM*, 2011, No. 8, pp. 3–15 (In Russ.)].
8. Варданыан Э. В., Варданыан Б. В. Организация и работа Всероссийской службы медицины катастроф (ВСМК) // *Военная и экстремальная медицина: перспективы развития и проблемы преподавания*. Гомель: УО «Гомельский ГМУ»; 2023. С. 195–199 [Vardanyan E. V., Vardanyan B. V. Organization and work of the All-Russian Disaster Medicine Service (VSMK). *Military and extreme medicine: development prospects and teaching problems*. Gomel: EI «Gomel SMU»; 2023, pp. 195–199. (In Russ.)].
9. Суин П. А., Гуменюк С. А., Первухин Н. Н. О проблемных вопросах подготовки кадров Службы медицины катастроф в системе высшего образования и возможных путях их решения (обзор литературы) // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2024. № 2. С. 49–56 [Suin P. A., Gumenyuk S. A., Pervukhin N. N. Challenges of disaster medicine training as part of professional degree and possible solutions (literature review). *Medical-biological and social-psychological problems of safety in emergency situations*, 2024, No. 2, pp. 49–56 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.25016/2541-7487-2024-0-2-49-56>.
10. Чубайко В. Г., Чепляев А. А., Черняк С. И. и др. Организация медицинского обеспечения массовых мероприятий, по опыту работы полевого многопрофильного госпиталя ВЦМК «Защита» в 2018 г. // *Медицина катастроф*. 2018. № 4 (104). С. 5–10 [Chubayko V. G., Cheplyaev A. A., Chernyak S. I., et al. Organization of medical support for mass events, based on the experience of the field multidisciplinary hospital of the All-Russian Central Medical Center «Zashchita» in 2018. *Disaster Medicine*. 2018, No. 4 (104), pp. 5–10 (In Russ.)].
11. Барсукова И. М., Глушков С. О., Попова Н. М., Старовойтов С. О. Медицинское обслуживание спортивных и культурно-массовых мероприятий бригадами скорой медицинской помощи // *Здоровье, демография, экология финно-угорских народов*. 2025. № 3. С. 31–35 [Barsukova I. M., Glushkov S. O., Popova N. M., Starovoytov S. O. Medical care of sports and cultural events by ambulance teams. *Health, demography, ecology of the Finno-Ugric peoples*, 2025, No. 3, pp. 31–35 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.64111/1994-8921.2025.51.3.006>.
12. Овчаренко А. П., Лемешкин Р. Н., Толстошеев В. Н., Лучшев А. В. Анализ опыта работы по ликвидации медико-санитарных последствий чрезвычайных ситуаций у специалистов нештатных формирований Службы медицины катастроф Минздрава России и Федерального медико-биологического агентства // *Медицина катастроф*. 2023. № 1. С. 9–13 [Ovcharenko A. P., Lemeshkin R. N., Tolstosheev V. N., Luchchev A. V. Analysis of the experience of specialists of non-standard formations of the Disaster Medicine Service of the Ministry of Health of Russia and the Federal Medical and Biological Agency in eliminating the medical and sanitary consequences of emergency situations. *Disaster Medicine*, 2023, No. 1, pp. 9–13 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33266/2070-1004-2023-1-9-13>.
13. Костюк И. И., Савченко О. А., Куликова О. М. О роли территориального центра медицины катастроф в реализации задач по охране здоровья, обеспечению защиты населения и территорий Омской области в чрезвычайных ситуациях // *Национальные приоритеты России*. 2024. № 3 (54). С. 38–44 [Kostyuk I. I., Savchenko O. A., Kulikova O. M. On the role of the territorial center for disaster medicine in the implementation of health protection tasks, ensuring the protection of the population and territories of the Omsk region in emergency situations. *National priorities of Russia*, 2024, No. 3 (54), pp. 38–44 (In Russ.)].
14. Наниев С. О., Карайланов М. Г., Прокин И. Г., и др. Совершенствование организации системы медицинской помощи населению Республики Южная Осетия в случае возникновения вооруженного конфликта // *Менеджер здравоохранения*. 2025. № 3. С. 80–86 [Naniev S. O., Karailanov M. G., Prokin I. G., et al. Improving the organization of the medical care system for the population of the Republic of South Ossetia in the event of an armed conflict. *Healthcare Manager*, 2025, No. 3, pp. 80–86 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.21045/1811-0185-2025-3-80-86>.