



ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР МОРСКОЙ КОЛЛЕГИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Научно-практический
рецензируемый журнал

ISSN 2413-5747 (print)

ISSN 2587-7828 (online)

Морская Медицина Marine Medicine

Том 12

2026

№ 1



ВЫБОР РЕДАКЦИИ

**ВЛИЯНИЕ ГИПЕРБАРИЧЕСКОЙ
ОКСИГЕНАЦИИ
НА ДЕФОРМИРУЕМОСТЬ
ЭРИТРОЦИТОВ**

Евсеев А. К., Левина О. А., Горончаровская
И. В., Гринь А. А., Петриков С. С.

стр. 7–16

**ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНО-
КЛИМАТИЧЕСКИХ И
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ
УСЛОВИЙ НА АРКТИЧЕСКИХ
ТЕРРИТОРИЯХ РОССИИ**

Гудков С. А., Барачевский Ю. Е., Попова О. Н.,
Гудков А. А., Никанов А. Н., Мироновская А. В.

стр. 17–28

Уважаемые коллеги!

В рамках сбора руководящего состава медицинской службы Военно-Морского Флота **21 мая 2026 года** состоится научно-практическая конференция «Боевая хирургическая травма», посвященная 90-летию 1469 военно-морского клинического госпиталя Северного флота.

К участию в конференции приглашаются: студенты, практикующие врачи хирургического профиля, руководители медицинских организаций.

Место и время проведения конференции: Мурманская область, г. Североморск, ул. Падорина, д. 9, Дворец культуры «Строитель». Начало в 09:00 часов. Регистрация в 08:00 часов.

Цели конференции:

- обсуждение новых научных и практических результатов в лечении боевой хирургической патологии;
- обмен идеями, поиск совместных направлений сотрудничества;
- демонстрация практических достижений участников конференции в форме презентаций и мастер-классов.

Программа конференции включает следующие направления:

- применение технологии дополнительной реальности в хирургии боевых повреждений;
- современные аспекты лечения сочетанных боевых повреждений;
- современные аспекты оказания травматологической помощи при боевых повреждениях;
- развитие международного сотрудничества с медицинскими службами военно-морских сил дружественных государств;
- мастер-классы от специалистов Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова по хирургии, травматологии и ортопедии.

По вопросам участия в конференции обращаться по телефону:

+7(812)-494-01-72

Потеряев Александр Евгеньевич,
Кузнецов Сергей Алексеевич.

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, 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 1

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),
Гржибовский А.М. (г. Архангельск, 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),
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),
Горбатова Л.Н. (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),
Казakov 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),
Северюков 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 1

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),
Grjybovski A.M. (Arkhangelsk, 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),
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),
Gorbatova L.N. (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

ВЛИЯНИЕ ГИПЕРБАРИЧЕСКОЙ ОКСИГЕНАЦИИ НА ДЕФОРМИРУЕМОСТЬ ЭРИТРОЦИТОВ	7
<i>Евсеев А. К., Левина О. А., Горончаровская И. В., Гринь А. А., Петриков С. С.</i>	
ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ РОССИИ	17
<i>Гудков С. А., Барачевский Ю. Е., Попова О. Н., Гудков А. А., Никанов А. Н., Мироновская А. В.</i>	
КЛИНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ИСТОРИЧЕСКОЙ ПЕРСПЕКТИВЕ: ЭТИЧЕСКИЕ ДИЛЕММЫ И ПРАВОВЫЕ РЕФОРМЫ.....	29
<i>Голубева А. В., Коваленко А. Ю.</i>	
СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА ОСОБЕННОСТИ АКТИВАЦИИ В-ЛИМФОЦИТОВ И СИНТЕЗ АНТИТЕЛ	44
<i>Москалев А. В., Апчел В. Я., Апчел А. В.</i>	

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ (ЛЕЙКОРЕДУКЦИЯ, ПАТОГЕНРЕДУКЦИЯ, ОБЛУЧЕНИЕ) НА СТАТУС АКТИВАЦИИ КОНЦЕНТРАТА ТРОМБОЦИТОВ: ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ.....	62
<i>Гришина Г. В., Голованова И. С., Ласточкина Д. В., Касьянов А. Д., Тарковская Л. Р., Смирнова О. А., Бессмельцев С. С.</i>	
ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛИЦ, ПОДВЕРГШИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ ВИТАЛЬНОЙ УГРОЗЫ: РЕТРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ	72
<i>Марченко Л. О., Левич С. Н., Филиппова Е. О., Дорофеев И. И., Юсупов В. В., Ятманов А. Н.</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЯЖЕСТИ ПОРАЖЕНИЯ ПЕРСОНАЛА УДАРНОЙ ВОЛНОЙ ВЗРЫВОВ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ: ПРОГНОЗНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ	79
<i>Лебедев М. Ю., Свитнев И. В., Харитонова Е. А.</i>	
ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА ВОЕННОСЛУЖАЩИХ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИИ: СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ	87
<i>Рахманов Р. С., Богомолова Е. С., Нарутдинов Д. А., Разгулин С. А., Потехина Н. Н., Евдокимов А. В.</i>	
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ РИСК У СПЕЦИАЛИСТОВ ОПАСНЫХ ПРОФЕССИЙ	95
<i>Соченко В. В., Сапожников К. В., Парфенов С. А., Седов А. В., Ханкевич Ю. Р.</i>	
ИЗМЕНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГУМОРАЛЬНОГО ИММУНИТЕТА У КОМБАТАНТОВ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ БОЕВОГО СТРЕССА: СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ	103
<i>Масляков В. В., Сидельников С. А., Павлова О. Н., Захарова Н. Б., Бурекушев А. Е., Тян А. Л., Страшко А. В.</i>	
СУБЪЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ: МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ	112
<i>Щукина Н. А., Гринчук С. С.</i>	
ОПЫТ РАБОТЫ ПОЛЕВОГО МНОГОПРОФИЛЬНОГО ГОСПИТАЛЯ НАЦИОНАЛЬНОГО МЕДИКО- ХИРУРГИЧЕСКОГО ЦЕНТРА ИМЕНИ Н.И. ПИРОГОВА В ГОРОДЕ АНАПА КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ.....	123
<i>Гуменюк С. А., Жерносенко А. О., Осипов А. В.</i>	
МЕДИЦИНСКОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ: ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ МОДЕЛИ	131
<i>Первухин Н. Н.</i>	
ХАРАКТЕРИСТИКА ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ ПО ТУБЕРКУЛЕЗУ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ: РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ	141
<i>Кривенко О. Г., Мишанина Л. А., Чурилова Т. А., Закревский Ю. Н., Бавтрушева М. Ю., Полуднякова Л. В., Похольченко В. А., Катыхшева М. А.</i>	

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ МЕНИНГОКОКЦЕМИИ У ВЗРОСЛОГО: ОТ ПЕРВЫХ СИМПТОМОВ ДО ПОЛИОРГАННОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ	153
<i>Ненашева А. А., Липатенкова К. А., Щепина И. В., Самодова О. В., Леонтьева О. Ю.</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

EFFECT OF HYPERBARIC OXYGENATION ON ERYTHROCYTE DEFORMABILITY	7
<i>Evseev A. K., Levina O. A., Goroncharovskaya I. V., Grin A. A., Petrikov S. S.</i>	
CHARACTERISTICS OF NATURAL, CLIMATIC, AND SOCIO-ECONOMIC CONDITIONS IN ARCTIC TERRITORIES OF RUSSIA.....	17
<i>Gudkov S. A., Barachevsky Yu. E., Popova O. N., Gudkov A. A., Nikanov A. N., Mironovskaya A. V.</i>	
ASSESSING QUALITY OF MEDICAL CARE: MODERN METHODS AND PROSPECTS FOR IMPROVEMENT	29
<i>Golubeva A. V., Kovalenko A. Yu.</i>	
MODERN TAKE ON B-LYMPHOCYTE ACTIVATION AND ANTIBODY SYNTHESIS	44
<i>Moskalev A. V., Apchel V. Ya., Apchel A. V.</i>	

ORIGINAL ARTICLES

EVALUATION OF ADDITIONAL PROCESSING (LEUKOREDUCTIVITY, PATHOGEN REDUCTION, IRRADIATION) EFFECT ON ACTIVATION STATUS OF PLATELET CONCENTRATE: ORIGINAL ARTICLE	62
<i>Grishina G. V., Golovanova I. S., Lastochkina D. V., Kasyanov A. D., Tarkovskaya L. R., Smirnova O. A., Bessmeltsev S. S.</i>	
PSYCHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF INDIVIDUALS EXPOSED TO VITAL THREAT: A RETROSPECTIVE STUDY	72
<i>Marchenko L. O., Levich S. N., Filippova E. O., Dorofeev I. I., Yusupov V. V., Yatmanov A. N.</i>	
MODELING THE SEVERITY OF PERSONNEL INJURIES CAUSED BY HIGH-POWER EXPLOSIONS: FORECASTING RESEARCH	79
<i>Lebedev M. Yu., Svitnev I. V., Kharitonova E. A.</i>	
ASSESSMENT OF BODY ADAPTATION STATE OF MILITARY PERSONNEL IN ARCTIC ZONE OF RUSSIA: COMPARATIVE STUDY	87
<i>Rakhmanov R. S., Bogomolova E. S., Narutdinov D. A., Razgulin S. A., Potekhina N. N., Evdokimov A. V.</i>	
OCCUPATIONAL RISK OF SPECIALISTS IN HAZARDOUS PROFESSIONS	95
<i>Sochenko V. V., Sapozhnikov K. V., Parfenov S. A., Sedov A. V., Khankevich Yu. R.</i>	
CHANGES IN SOME INDICATORS OF HUMORAL IMMUNITY IN COMBATANTS AFTER EXPOSURE TO COMBAT STRESS: COMPARATIVE STUDY.....	103
<i>Maslyakov V. V., Sidelnikov S. A., Pavlova O. N., Zakharova N. B., Burekeshev A. E., Tyan A. L., Strashko A. V.</i>	
SUBJECTIVE ASSESSMENT OF FUNCTIONAL STATE OF MILITARY PERSONNEL: METHODOLOGICAL ASPECT	112
<i>Shchukina N. A., Grinchuk S. S.</i>	
EXPERIENCE OF FIELD MULTIDISCIPLINARY HOSPITAL OF N. I. PIROGOV NATIONAL MEDICAL AND SURGICAL CENTER IN ANAPA CITY, KRASNODAR REGION	123
<i>Gumenyuk S. A., Zhernosenko A. O., Osipov A. V.</i>	
MEDICAL FORMATION OF CIVIL DEFENSE: PROSPECTS FOR APPLICATION OF INNOVATIVE MODEL.....	131
<i>Pervukhin N. N.</i>	
CHARACTERISTICS OF EPIDEMIOLOGICAL SITUATION OF TUBERCULOSIS IN MURMANSK REGION: RETROSPECTIVE ANALYSIS	141
<i>Krivenko O. G., Mishanina L. A., Churilova T. A., Zakrevsky Yu. N., Bavtruseva M. Yu., Poludnyakova L. V., Pokholchenko V. A., Katysheva M. A.</i>	

CLINICAL CASE

CLINICAL CASE OF MENINGOCOCCEMIA IN ADULT: FROM FIRST SYMPTOMS TO MULTIPLE ORGAN FAILURE	153
<i>Nenasheva A. A., Lipatenkova K. A., Shchepina I. V., Samodova O. V., Leontyeva O. Yu.</i>	

ОБЗОРЫ/REVIEWS

УДК 615.835.3:612.111

EFFECT OF HYPERBARIC OXYGENATION ON ERYTHROCYTE DEFORMABILITY

Anatoly K. Evseev*, Olga A. Levina, Irina V. Goroncharovskaya,
Andrey A. Grin, Sergey S. Petrikov

N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow, Russia

INTRODUCTION. Decreased red blood cell membrane elasticity, observed in a number of pathological conditions, causes deterioration of blood rheological properties and reduced gas exchange efficiency. Hyperbaric oxygen therapy (HBO) can influence red blood cell properties, but this aspect has received little attention. Although data on the hemorheological properties of blood, and in particular red blood cell deformability, may provide important information on HBO efficacy.

OBJECTIVE. To study the effect of hyperbaric oxygenation on the deformability of red blood cells.

MATERIALS AND METHODS. The study is based on an analysis of 58 scientific publications from 1984 to 2025 in international and domestic scientific literature databases Google Scholar, PubMed, eLIBRARY, CyberLeninka, and Scopus. The literature was analyzed using keywords and various sequences of their combinations in Russian and English: hyperbaric oxygen therapy, red blood cells, erythrocytes, deformability, hemorheology, morphology, shape.

RESULTS. The effect of HBO on erythrocyte deformability was recorded: in vitro in only one of two publications (negative); in vivo in animal experiments in four of six publications (three negative, one positive); in human studies in single-chamber therapy (oxygen and air-oxygen), positive effects were reflected in all five publications; when using multi-chambers, only one of four publications noted a positive effect; in one publication on the use of a local chamber, no effect on the analyzed parameters was detected.

DISCUSSION. One of the key challenges in interpreting data on the effects of HBO on erythrocyte deformability is the use of both various procedure parameters (pressure, time, and chamber type) and the methodology for assessing hemorheology and erythrocyte deformability. Negative effects reported in a number of animal studies may be related to the use of higher pressures and longer durations of experiments compared to human studies. In the latter case, no adverse effects were observed when using routine HBO procedure parameters, and a positive effect on erythrocyte deformability was recorded in 60% of studies.

CONCLUSION. The deformability of erythrocytes can serve as an additional parameter for assessing HBO efficacy, since it affects the efficiency of gas exchange processes, which is very important in the treatment of tissue hypoxia.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, hyperbaric oxygenation, erythrocyte, deformability, rheology

*For correspondence: Anatoly K. Evseev, e-mail: EvseevAK@sklif.mos.ru

*Для корреспонденции: Евсеев Анатолий Константинович, e-mail: EvseevAK@sklif.mos.ru

For citation: Evseev A. K., Levina O. A., Goroncharovskaya I. V., Grin A. A., Petrikov S. S. Effect of hyperbaric oxygenation on erythrocyte deformability // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 1. P. 7–16,

EDN: <https://elibrary.ru/VZXBWV>

Для цитирования: Евсеев А. К., Левина О. А., Горончаровская И. В., Гринь А. А., Петриков С. С. Влияние гипербарической оксигенации на деформируемость эритроцитов // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 1. С. 7–16,

EDN: <https://elibrary.ru/VZXBWV>

ВЛИЯНИЕ ГИПЕРБАРИЧЕСКОЙ ОКСИГЕНАЦИИ НА ДЕФОРМИРУЕМОСТЬ ЭРИТРОЦИТОВ

А. К. Евсеев *, О. А. Левина, И. В. Горончаровская, А. А. Гринь, С. С. Петриков
Научно-исследовательский институт скорой помощи имени Н. В. Склифосовского,
Москва, Россия

ВВЕДЕНИЕ. Снижение эластичности мембраны эритроцитов, наблюдаемое при ряде патологических состояний, приводит к ухудшению реологических свойств крови и снижению эффективности газообмена. Терапия с применением гипербарической оксигенации (ГБО) может оказывать влияние на свойства эритроцитов, однако данному аспекту уделяется мало внимания, хотя данные о гемореологических свойствах крови и, в частности, деформируемости эритроцитов, могут представлять важную информацию об эффективности ГБО.

ЦЕЛЬ. Изучить влияние гипербарической оксигенации на деформируемость эритроцитов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Исследование основано на анализе 58 научных публикаций за 1984–2025 гг. в международных и отечественных базах научной литературы Google Scholar, PubMed, eLIBRARY, КиберЛенинка, Scopus. Анализ литературных источников выполнен по ключевым словам и различным последовательностям их сочетаний на русском и английском языках: гипербарическая оксигенация / hyperbaric oxygen therapy, эритроциты / red blood cells, erythrocytes, деформируемость / deformability, гемореология / hemorheology, морфология / morphology, shape.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Влияние ГБО на деформируемость эритроцитов было зафиксировано: в условиях *in vitro* только в одной из двух публикаций (отрицательное); в условиях *in vivo* в экспериментах с участием животных в четырех из шести публикаций (три – отрицательное, одно – положительное); в исследованиях с участием людей в условиях проведения терапии в одноместной камере (кислородной и воздушно-кислородной) положительные эффекты были отражены во всех пяти публикациях, при использовании многоместных камер только в одной из четырех публикаций отмечен положительный эффект, в одной публикации по применению локальной камеры влияние на анализируемые параметры не выявлено.

ОБСУЖДЕНИЕ. Одной из ключевых проблем в интерпретации данных о влиянии ГБО на деформируемость эритроцитов является использование как различных параметров проведения процедуры (давление, время, тип барокамеры), так и методологии оценки гемореологии и деформируемости эритроцитов. Негативные эффекты, описанные в ряде исследований с участием животных, могут быть связаны с применением более высоких значений давления и более длительными экспериментами по сравнению с исследованиями с участием человека. В последнем случае при использовании рутинных параметров проведения процедуры ГБО нежелательных эффектов не отмечено, а положительное влияние в отношении деформируемости эритроцитов было зафиксировано в 60 % исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Деформируемость эритроцитов может служить дополнительным параметром оценки эффективности ГБО, поскольку она оказывает влияние на эффективность процессов газообмена, что весьма важно в терапии тканевой гипоксии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, гипербарическая оксигенация, эритроцит, деформируемость, реология

Introduction. Hyperbaric oxygenation (HBO) is a method based on breathing pure oxygen under elevated pressure. The therapeutic effect of HBO is based on a significant increase in the oxygen capacity of body fluids (blood, lymph, tissue fluids, etc.), which allows for a rapid increase in oxygen tension in tissues suffering from hypoxia, restoring cellular respiration, activating oxidative phosphorylation, and stimulating energy production mechanisms [1]. HBO can serve as a primary treatment method, for example, for carbon monoxide poisoning or decompression sickness, or as a complement to surgical interventions or pharmacological therapy [2].

Since one of the key effects of HBO is an increase in oxygen capacity, the main diagnostic methods are aimed at assessing tissue perfusion and oxygenation. Among them, non-invasive and invasive methods are distinguished (body tem-

perature gradient, CT perfusion, MR perfusion, positron emission tomography, laser Doppler flowmetry, segmental blood pressure measurement, duplex ultrasound, pulse oximetry, transcutaneous oximetry, Doppler ultrasound, indocyanine green imaging, etc.) [3–7]. Based on the data obtained by these methods on blood supply and oxygen delivery to tissues, a conclusion is made about reaching target blood flow indicators and the level of blood oxygen saturation. However, the assessment of the hemorheological properties of the blood and, in particular, the deformability of erythrocytes, is often ignored [8].

One of the most important properties of the erythrocyte that ensures gas transport function is its ability to deform, which is ensured by the interaction of membrane proteins (glycophorins, band 3 protein) and cytoplasm (spectrin, ankyrin) [9]. It is known that the development of various

pathological conditions can lead to a decrease in the deformability of erythrocytes, which is accompanied by a disruption in oxygen transport both due to a deterioration in their ability to pass through microvessels and capillaries [10–14], and due to a disruption in the release of vasodilators by erythrocytes, for example, ATP and NO donors [15, 16].

Currently, several methods for measuring erythrocyte deformability are known, among which we can distinguish direct and indirect methods. Direct methods for measuring erythrocyte deformability include stretching erythrocytes with laser tweezers (optical tweezers method), video recording of erythrocytes deformed in a shear flow by viscous friction forces (rheoscopy), as well as methods of atomic force microscopy and laser diffractometry (ektacytometry). Among indirect methods we can distinguish aspiration of erythrocytes into a micropipette (microaspiration method), passing an erythrocyte suspension through an artificial capillary of small diameter, or forcing a given volume of suspension through a microporous filter. Methods of ektacytometry, rheoscopy, filtration, and perfusion involve studying cell suspensions, and methods of microaspiration, atomic force microscopy, and optical tweezers involve studying individual cells [17, 18]. In addition, of interest is the technique of electrochemically induced changes in the morphology of erythrocytes, which consists of studying the morphological changes of erythrocytes on an optically transparent electrode depending on its potential [19, 20].

However, despite the rich arsenal of methods for assessing hemorheology and a significant number of its studies in various pathological conditions, there are relatively few works devoted to the influence of HBO on hemorheology and the deformability of erythrocytes, although these methods could be very informative in this case.

Objective. To study the effect of hyperbaric oxygenation on the deformability of red blood cells.

Results. Studies on the effect of HBO on the deformability of erythrocytes and the rheological properties of blood in vitro and in vivo are presented in the table.

Discussion. Few studies on the HBO effect on the deformability of erythrocytes in vitro are quite natural due to the fact that outside the body, the structural properties of erythrocytes can be affected by factors such as temperature,

forced contact with neighboring cells due to the lack of mixing, changes in the density of the medium due to evaporation of liquid during long-term experiments, etc. [41]. Thus, in the work [21], test tubes with 2 ml of whole blood (Htc 45%) containing EDTA (1.5 mg / ml) as an anticoagulant were placed in a pressure chamber, where they were kept in an atmosphere of 100% O₂ at a temperature of 25–28 °C for 4–12 hours. Such conditions for conducting HBO (temperature different from physiological, long time outside the body, sedimentation of cells in the test tube) could well cause a change in the morphofunctional properties of erythrocytes.

In relation to the study of the HBO effect on cell morphology, the study of erythrocytes of patients with sickle cell anemia is of interest. Despite a number of early studies indicating a positive HBO effect in this pathology [42, 43], the authors [22] did not prove the HBO effect on the morphology of sickle cell erythrocytes, and they associated the previously described results with improved tissue oxygenation due to an increase in PaO₂.

Out of six animal studies, a negative effect of HBO on hemorheological parameters and erythrocyte deformability was observed in three cases [23, 24, 26], in two cases no changes were detected [25, 27], and only in one case an improvement in erythrocyte deformability was recorded [28]. Again, as in the case of in vivo studies, the experimental conditions are noteworthy. Firstly, in the studies that revealed a deterioration in hemorheological parameters, the time spent in the pressure chamber ranged from 2 to 6 hours, while in the remaining studies the time did not exceed 1.5 hours. Secondly, HBO was performed in most cases in the 2.8–3.0 ATA mode, although it is known that at pressures above 2.8 ATA, oxygen begins to exhibit a toxic effect on the body [44]. Thirdly, the measurement results may be influenced by the choice of the methodological approach to assessing erythrocyte deformability. In the work [23], when determining the deformability of erythrocytes using the filtration method and ektacytometry, the HBO effect was recorded only in the case of using the first method. This phenomenon was due to the fact that, according to the authors, the filtration method is more sensitive to changes in cell geometry and the physical properties of the membrane, and ektacytometry is more sensitive to the internal viscosity of erythrocytes. We also previously

Table

Studies on the effect of HBO on the hemorheological properties of blood

Таблица

Исследования по влиянию ГБО на гемореологические свойства крови

Study object	HBO mode (pressure, session duration, frequency)	Measurement technique	Observed effect	Literary source
<i>In vitro</i> study				
Whole blood from healthy volunteers ($n=10$)	1,0–3,0 ATA ¹ 4–16 h Single-dose	Viscometry, ektacytometry	↓ Erythrocyte deformability ↑ Blood viscosity	[21]
Whole blood from patients with sickle cell anemia ($n=10$)	3,0 ATA ¹ 15 min Single-dose	Microscopy	Doesn't affect	[22]
<i>In vivo</i> studies involving animals				
Rats (total $n=32$, HBO group $n=11$)	2,8 ATA ¹ 6 h Single-dose	Ektacytometry, filtration method, scanning electron microscopy, hematological analysis	↓ Erythrocyte deformability ↑ Echinocyte proportion	[23]
Rats (total $n=57$, HBO group $n=22$)	2,8 ATA ¹ 6 h Single-dose	Viscometry, hematological analysis	↑ Viscosity	[24]
Dogs ($n=12$)	2,4 ATA ¹ 90 min, 5 sessions per week / 10 weeks	Filtration method	Doesn't affect	[25]
Rats with diabetes (total $n = 30$; HBO group: $n = 15$)	2,8 ATA ¹ 2 h, 7 sessions	Viscometry, filtration method hematological analysis	↑ Viscosity and rigidity of erythrocytes ↓ Erythrocyte deformability	[26]
Rats, SO ₂ inhalation (total $n = 24$; HBO group: $n = 6$)	3,0 ATA ¹ 1 h, 45 sessions	Hematological analysis	Doesn't affect	[27]
Rats (total $n=43$, HBO group ГБО $n=8$)	3,0 ATA ¹ 1 h Single-dose	Ektacytometry, viscometry	Return of red blood cell deformability to normal values	[28]
<i>in vivo</i> studies involving humans				
Patients with various diseases ($n=70$)	2,0 ATA ¹ 90 min, at least 15 sessions	Filtration method viscometry	↑ Erythrocyte deformability	[29–31]
Patients with various diseases ($n=33$)	2,4 ATA ² 115 min (breathing 100 % O ₂ 3 times for 25 мин with 5-minute break) 20 sessions	Ektacytometry, viscometry, hematological analysis	Doesn't affect	[32]
Patients with toxichypoxic encephalopathy ($n=42$)	1,4–1,6 ATA ¹ 40 min 4–10 sessions	Viscometry, hematological analysis	Return of red blood cell deformability to normal values	[33]

Продолжение табл. 1 см. на стр. 11.

Study object	HBO mode (pressure, session duration, frequency)	Measurement technique	Observed effect	Literary source
Patients with various diseases ($n=140$)	2,5 ATA ² 120 min (breathing 100% O ₂ 3 times for 25 min with 5-minute break) Groups - 1-20, 21-40, 41-60 and > 61 sessions	Hematological analysis	Doesn't affect	[34]
Patients with inflammatory bowel diseases ($n=16$ with Crohn's disease, $n=11$ with ulcerative colitis)	1,3-1,4 ATA ³ 40 min 5-8 sessions	Rheoscopy	↑ Erythrocyte deformability, blood rheology parameters	[35]
Patients with sensorineural hearing loss (total $n=104$, HBO group $n=52$)	2,0 ATA ³ 1 h 2 courses (10 sessions each) with a 3-day break between courses	Viscometry, hematological analysis	↓ Blood viscosity	[36]
Healthy volunteers ($n=10$), patients with chronic inflammation ($n=10$) and carbon monoxide poisoning ($n=10$)	2,5 ATA ² 120 min (breathing 100% O ₂ 90 min) 10 sessions	Ektacytometry, hematological analysis	↑ Erythrocyte deformability in patients with chronic inflammation after 1 session	[37]
Patients with diabetic foot ($n=103$)	2,4 ATA ² 120 min (breathing 100% O ₂ 3 times for 25 minutes with a 5-minute break) 20-60 sessions	Hematological analysis	Doesn't affect	[38]
Patients with diabetic foot ($n=20$)	1,5 ATA ⁴ 0,5 h Single-dose	Ektacytometry, viscometry, hematological analysis	Doesn't affect	[39]
Patients with acute cerebrovascular accident ($n=7$)	1,4-1,6 ATA ¹ 60 min 4-6 sessions	Electrochemical	↑ Erythrocyte deformability	[40]

Note: 1 – monoplace hyperbaric chamber, 2 – multiplace hyperbaric chamber, 3 – inflatable hyperbaric chamber, 4 – local hyperbaric chamber

Примечание: 1 – одноместная барокамера, 2 – многоместная барокамера, 3 – воздушно-кислородная барокамера, 4 – локальная барокамера

noted a difference in the sensitivity of the methods for determining deformability, when studying the morphology of erythrocytes under hypothermic storage conditions, a reliable difference in the deformability index measured by the filtration method was noted only by the 42nd day, while when using electrochemically induced changes in morphology, reliable differences were recorded much earlier [45].

In contrast, out of ten studies involving humans, six cases [29, 33, 35–37, 40] showed an im-

provement in erythrocyte deformability, while no significant changes were found in four cases [32, 24, 38, 39]. When analyzing the presented data, it was noted that, in contrast to studies involving animals, in the human studies the maximum pressure during HBO was 2.5 ATA, and in this case multiplace hyperbaric chambers were used. Interestingly, in the case of multi-place chambers, even despite the use of modes with a pressure of at least 2.4 ATA [32, 34, 37, 38], only one case showed a positive effect of HBO on eryth-

rocyte deformability [37]. No significant HBO effect on erythrocyte deformability was shown either when using a local hyperbaric chamber in the treatment of patients with diabetic foot [39]. At the same time, in all studies where monoplace pressure chambers were used, both oxygen [29, 33, 40] and air-oxygen [35, 36], a significant positive HBO effect on the hemorheological parameters of blood and the deformability of erythrocytes was noted.

There are still many questions regarding the understanding of the pathophysiology of the HBO influence on the morphofunctional properties of erythrocytes. On the one hand, according to a number of studies, HBO leads to an increase in the content of reactive oxygen species, which, in turn, causes increased peroxidation of lipids and proteins of the erythrocyte membrane and can lead to changes in their morphology [46–49]. In support of the thesis about the effect of increased oxidation processes on the morphology of erythrocytes during HBO, reference is made to studies involving animals under normobaric conditions with an increased oxygen content (up to 82.2%), where the phenomenon of a decrease in the proportion of discocytes and an increase in the proportion of echinocytes was recorded, although the duration of the experiment (24 hours) should be considered [50]. On the other hand, there is a growing body of research confirming that HBO has a positive effect on the balance of oxidants and antioxidants in the body [51–54] and activates components of the body's antioxidant

defense system [55–58], and these effects may be more pronounced in the presence of pathology [59]. In addition, it has recently been shown that when using “soft” HBO regimens (1.5 ATA) compared to regimens with higher pressure (2.5 ATA), a clear antioxidant effect is observed, prevailing over oxidative stress [60].

The positive HBO effect may be manifested in relation to the elastic properties of erythrocyte membranes. Increased deformability and redistribution of morphological forms towards discocytes should positively affect the efficiency of oxygen transport. Thus, more elastic cells better pass through capillaries, which plays an important role both at the stage of oxygen binding in the alveolar capillaries and at the stage of its release in the capillaries of organs and tissues. Considering the fact that HBO is accompanied by vasoconstriction [61], an increase in cell elasticity should have an important therapeutic effect. With regard to the influence of morphology on gas exchange, it is known that discocytes, compared with other morphological forms of erythrocytes, have the largest surface area (150 μm^2) [62, 63], which ensures the maximum oxygen exchange area.

Conclusion. The analysis of literature sources suggests a predominantly positive effect of HBO on erythrocyte deformability, which should influence the efficiency of gas exchange processes and, consequently, a reduction in tissue hypoxia. Thus, erythrocyte deformability can be used as an additional parameter when assessing the effectiveness of hyperbaric oxygen therapy.

Information about the authors:

Anatoly K. Evseev – Dr. of Sci. (Chem.), Leading Researcher of the Intensive care Unit, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; Russia, 129090, Moscow, Bolshaya Sukharevskaya sq., 3; SPIN: 1380-7224; ORCID: 0000-0002-0832-3272; AuthorID: 697167; Researcher ID: N-1324-2017; e-mail: EvseevAK@sklif.mos.ru.

Olga A. Levina – Cand. of Sci. (Med.), Leading Researcher of the Department of Emergency Neurosurgery, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; Russia, 129090, Moscow, Bolshaya Sukharevskaya sq., 3; SPIN: 9445-7109; ORCID: 0000-0002-4811-0845; AuthorID: 959773; e-mail: levina_olga@bk.ru

Irina V. Goroncharovskaya – Cand. of Sci. (Chem.), Senior Researcher of the Intensive care Unit, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; Russia, 129090, Moscow, Bolshaya Sukharevskaya sq., 3; SPIN: 3526-6514; ORCID: 0000-0003-0113-306X; AuthorID: 837960; Researcher ID: N-1326-2017; e-mail: GoroncharovskayaIV@sklif.mos.ru

Andrey A. Grin – Dr. of Sci. (Med.), Corresponding member of RAS, Head of the Department of Emergency Neurosurgery, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; Russia, 129090, Moscow, Bolshaya Sukharevskaya sq., 3; SPIN: 2194-2598; ORCID: 0000-0003-3515-8329; AuthorID: 781764; e-mail: GrinAA@sklif.mos.ru

Sergey S. Petrikov – Dr. of Sci. (Med.), Academician of RAS, Director of N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; Russia, 129090, Moscow, Bolshaya Sukharevskaya sq., 3; ORCID: 0000-0003-3292-8789; AuthorID: 582946; e-mail: PetrikovSS@sklif.mos.ru

Сведения об авторах:

Евсеев Анатолий Константинович – доктор химических наук, ведущий научный сотрудник отделения общей реанимации Научно-исследовательского института скорой помощи им. Н. В. Склифосовского; Россия, 129090, Москва, Большая Сухаревская пл., д. 3; SPIN: 1380-7224; ORCID: 0000-0002-0832-3272; AuthorID: 697167; Researcher ID: N-1324-2017; e-mail: EvseevAK@sklif.mos.ru

Левина Ольга Аркадьевна – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник отделения неотложной нейрохирургии Научно-исследовательского института скорой помощи им. Н. В. Склифосовского; Россия, 129090, Москва, Большая Сухаревская пл., д. 3; SPIN: 9445-7109; ORCID: 0000-0002-4811-0845; AuthorID: 959773; e-mail: levina_olga@bk.ru

Горончаровская Ирина Викторовна – кандидат химических наук, старший научный сотрудник отделения общей реанимации Научно-исследовательского института скорой помощи им. Н. В. Склифосовского; Россия, 129090, Москва, Большая Сухаревская пл., д. 3; SPIN: 3526-6514; ORCID: 0000-0003-0113-306X; AuthorID: 837960; Researcher ID: N-1326-2017; e-mail: GoroncharovskayaIV@sklif.mos.ru

Гринь Андрей Анатольевич – доктор медицинских наук, член-корреспондент РАН, руководитель отделения неотложной нейрохирургии Научно-исследовательского института скорой помощи им. Н. В. Склифосовского; Россия, 129090, Москва, Большая Сухаревская пл., д. 3; SPIN: 2194-2598; ORCID: 0000-0003-3515-8329; AuthorID: 781764; e-mail: GrinAA@sklif.mos.ru

Петриков Сергей Сергеевич – доктор медицинских наук, Академик РАН, директор Научно-исследовательского института скорой помощи им. Н.В. Склифосовского; Россия, 129090, Москва, Большая Сухаревская пл., д. 3. ORCID: 0000-0003-3292-8789, AuthorID: 582946. e-mail: PetrikovSS@sklif.mos.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: OAL, AKE, IVG, SSP concept and plan of the study. AKE, OAL, IVG data collection and analysis. OAL, AKE, IVG, AAG, SSP 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 — О. А. Левина, А. К. Евсеев, И. В. Горончаровская, С. С. Петриков; сбор и анализ данных — О. А. Левина, А. К. Евсеев, И. В. Горончаровская; подготовка рукописи — О. А. Левина, А. К. Евсеев, И. В. Горончаровская, А. А. Гринь, С. С. Петриков.

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.

Поступила/Received: 03.12.2025

Принята к печати/Accepted: 15.03.2026

Опубликована/Published: 30.03.2026

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Левина О. А., Евсеев А.К., Гринь А.А., Петриков С.С., Крылов В.В. Возможности метода гипербарической оксигенации в клинической практике на стационарном этапе скорой медицинской помощи. В кн.: Скорая медицинская помощь: национальное руководство. 2-е изд., перераб. и доп. Под ред. С. Ф. Багненко, С. С. Петрикова, И. П. Мишулина, А. Г. Мирошниченко. Гл. 18. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2025. С. 1004–1014 [Levina O. A., Evseev A. K., Grin A. A., Petrikov S. S., Krylov V. V. Clinical aspects of of hyperbaric oxygenation method application in a multidisciplinary emergency hospital. In: Emergency Medical Services: National Guidelines. 2nd edition. Ed. S. F. Bagnenko, S. S. Petrikov, I. P. Minnulina, A. G. Miroshnichenko. Ch. 18. Moscow: GEOTAR-Media; 2025, pp. 1004–1014. ISBN 987-5-9704-8269-8 (In Russ.)].
2. Huang E.T. Ed. Hyperbaric oxygen therapy indications. 15th edition. North Palm Beach: Best Publishing Company; 2023.
3. Lima A., Bakker J. Noninvasive monitoring of peripheral perfusion. *Intensive care med*, 2005, Vol. 31, No. 10, pp. 1316–1326. doi:10.1007/s00134-005-2790-2.
4. Мавликеев М. О., Титова А. А., Гудз Д. О., Деев Р. В. Современные методы исследования ангиогенеза в клинической практике // *Наука молодых (Eruditio Juvenium)*. 2017. № 1. С. 110–123 [Mavlikeev M. O., Titova A. A., Gudzh D. O., Deev R. V. Modern methods for angiogenesis assessment in clinical practice. *Nauka molodykh (Eruditio Juvenium)*, 2017, No. 1, pp. 110–123 (In Russ.)]. doi:10.23888/HMJ20171110-123.
5. Klijn E., van Velzen M. H., Lima A. P., Bakker J., van Bommel J., Groeneveld A. B. Tissue perfusion and oxygenation to monitor fluid responsiveness in critically ill, septic patients after initial resuscitation: a prospective observational study *J. Clin. Monit. Comput*, 2015, Vol. 29, No. 6, pp. 707–712. doi: 10.1007/s10877-014-9653-8.
6. Гаранин А. А., Дьячков В. А., Рубаненко А. О., Репринцева О. А., Дупляков Д. В. Методы пульсоксиметрии: возможности и ограничения // *Российский кардиологический журнал*. 2023. Т. 28, № 3S. С. 59–67 [Garanin A. A., Dyachkov V. A., Rubanenko A. O., Reprintseva O. A., Duplyakov D. V. Pulse oximetry methods: opportunities and limitations. *Russian Journal of Cardiology*, 2023, Vol. 28, No. 3S, pp. 59–67 (In Russ.)]. doi: https://doi.org/10.15829/1560-4071-2023-5467.
7. El Masry M., Li R., Balasubramani G. K., Roy S., Sen C. K., Gnyawali S. C. Comparative assessment of healthy tissue oxygenation using near-infrared imaging, transcutaneous oxygen measurement, and plethysmography *Sci. Rep*, 2025. Vol. 15, No. 1, Article 30424. doi: 10.1038/s41598-025-15767-2.
8. Ulker P., Özen N., Basrali F., Cengiz M. Acute and short term hyperoxemia: how about hemorheology and tissue perfusion? *J. Intensive Crit. Care*, 2017, Vol. 3, No. 2, Article 18. doi: 10.21767/2471-8505.100077.
9. Семенович А. А., Переверзев В. А., Зинчук В. В., Короткевич Т. В. Физиология человека: учебное пособие. Минск: Высшая школа; 2012 [Semenovich A. A., Pereverzev V. A., Zinchuk V. V., Korotkevich T. V. Human physiology: a study guide. Minsk: Vysshaya shkola; 2012. (In Russ.)]. ISBN 978-985-06-2062-0.

10. Parthasarathi K., Lipowsky H.H. Capillary recruitment in response to tissue hypoxia and its dependence on red blood cell deformability. *Am. J. Physiol*, 1999, Vol. 277, No. 6, pp. H2145–H2157. doi: 10.1152/ajpheart.1999.277.6.H2145.
11. Кодин А. В., Полумисков В. Ю., Лутай А. В. и др. Структурно-функциональная характеристика эритроцитов у больных прогрессирующей стенокардией на фоне различных схем медикаментозной терапии // *Российский кардиологический журнал*. 2009. № 2. С. 49–53 [Kodin A.V., Polumiskov V.Yu., Lutay A.V. et al. Red blood cell structure and function in patients with progressing angina receiving different pharmaceutical therapy variants. *Russian Journal of Cardiology*, 2009, No. 2, pp. 49–53 (In Russ.)].
12. Mohanty J.G., Nagababu E., Rifkind J.M. Red blood cell oxidative stress impairs oxygen delivery and induces red blood cell aging. *Front. Physiol*, 2014, Vol. 28, No. 5, Article 84. doi: 10.3389/fphys.2014.00084.
13. Левин Г. Я., Поповичева А. Н., Соснина Л. Н., Федорова О. В., Шереметьев Ю. А. Роль нарушений реологических свойств эритроцитов в патогенезе воспалительных заболеваний кишечника у детей // *Тромбоз, гемостаз и реология*. 2017. № 4. С.45–52 [Levin G. Ya., Popovicheva A. N., Sosnina L. N., Fedorova O. V., Sheremetiev Yu. A. Role of disorders of erythrocytes rheological properties in pathogenesis of inflammatory bowel diseases in children. *Thrombosis, hemostasis and rheology*, 2017, No. 4, pp. 45–52 (In Russ.)].
14. Obeagu E. I., Igwe M. C., Obeagu G. U. Oxidative stress's impact on red blood cells: Unveiling implications for health and disease. *Medicine*, 2024, Vol. 103, No. 9, Article e37360. doi: 10.1097/MD.00000000000037360.
15. Тихомирова И. А., Ослякова А. О. Влияние вазодилататоров на микрореологические свойства эритроцитов в норме и при хронической сердечной недостаточности // *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2012. Т. 11, № 4. С. 71–77 [Tikhomirova I. A., Oslayakova A. O. The effect of vasodilators on microrheological properties of erythrocytes in norm and in chronic heart failure. *Regional blood circulation and microcirculation*, 2012, Vol. 11, No. 4, pp. 71–77 (In Russ.)]. doi: 10.24884/1682-6655-2012-11-4-71-77.
16. McMahon T. J. Red blood cell deformability, vasoactive mediators, and adhesion. *Front. Physiol*, 2019, Vol. 10, Article 1417. doi: 10.3389/fphys.2019.01417.
17. Musielak M. Red blood cell-deformability measurement: review of techniques. *Clin. Hemorheol. Microcirc*, 2009, Vol. 42, No. 1, pp. 47–64. doi: 10.3233/CH-2009-1187.
18. Kim J., Lee H.Y., Shin S. Advances in the measurement of red blood cell deformability: A brief review. *J. Cell. Biotechnol*, 2015, Vol. 1, No. 1, pp. 63–79. doi: 10.3233/JCB-15007.
19. Tsvadze A. Y., Khubutiya M. S., Evseev A. K., et al. Electrochemical activity and morphology of human erythrocytes at optically transparent ITO electrode. *Reports Physical Chemistry*, 2017, Vol. 477, No. 1, pp. 201–204. doi: 10.1134/S0012501617110021.
20. Kuzovlev A. N., Evseev A. K., Goroncharovskaya I.V., Shabanov A.K., Petrikov S.S. Optically transparent electrodes to study living cells: A mini review. *Biotechnol. Bioeng*, 2021, Vol. 118, No. 7, pp. 2393–2400. doi: 10.1002/bit.27782.
21. Chen C. H., Chien M. Y., Liang Y. C., Liu D. Z., Hu M. L. An *in vitro* hyperbaric oxygen system for evaluation of free radical damage and protection by catechins on hemorheological parameters *Clin. Hemorheol. Microcirc*, 2011, Vol. 48, No. 4, pp. 211–221. doi: 10.3233/CH-2011-1412.
22. Mychaskiw 2nd G., Woodyard S. A., Brunson C. D., May W. S., Eichhorn J. H. *In vitro* effects of hyperbaric oxygen on sickle cell morphology. *J. Clin. Anesth*, 2001, Vol. 13, No. 4, pp. 255–258. doi: 10.1016/S0952-8180(01)00269-0.
23. Amin H. M., Kaniewski W. S., Cohen D., Camporesi E. M., Hakim T. S. Effects of acute exposure to hyperbaric oxygen on the rheology and morphology of the red blood cells in the rat. *Microvasc. Res*. 1995. Vol. 50, No. 3, pp. 417–428. doi: 10.1006/mvre.1995.1068.
24. Amin H.M., Hakim T.S., Camporesi E.M. Hematological alterations after acute exposure to hyperbaric oxygen in rats. *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol*, 1995, Vol. 22, No. 1, pp. 21–27. doi: 10.1111/j.1440-1681.1995.tb01913.x.
25. Martindale V. E., McKay K. Hyperbaric oxygen treatment of dogs has no effect on red cell deformability but causes an acute fluid shift. *Physiol. Chem. Phys. Med*, 1995, Vol. 27, No. 1, pp. 45–53.
26. Liu D. Z., Chien S. C., Tseng L. P., Yang C. B. The influence of hyperbaric oxygen on hemorheological parameters in diabetic rats. *Biorheology*, 2003, Vol. 40, No. 6, pp. 605–612.
27. Etlik Ö., Tomur A. The oxidant effects of hyperbaric oxygenation and air pollution in erythrocyte membranes (hyperbaric oxygenation in air pollution). *Eur. J. Gen. Med*, 2006, Vol. 3, No. 1, pp. 21–28. doi: 10.29333/ejgm/82356.
28. Bor-Kucukatay M., Atalay H., Karagenc N., Erken G., Kucukatay V. The effect of carbon monoxide poisoning on hemorheological parameters in rats and the alterations in these parameters in response to three kinds of treatments. *Clin. Hemorheol. Microcirc*, 2010, Vol. 44, No. 2, pp. 87–96. doi: 10.3233/CH-2010-1254.
29. Mathieu D., Coget J., Vinkier L., Saulnier F., Durocher A., Wattel F. Filtrabilité érythrocytaire et oxygénothérapie hyperbare. *Medsubhyp*, 1984, Vol. 3, No. 3, pp. 100–104.
30. Whelan H. T., Kindwall E. P. Hyperbaric oxygen. In: *Oxygen transport to tissue XX. Advances in experimental medicine and biology*. Ed.: A. G. Hudetz, D. F. Bruley. Boston: Springer; 1998, Vol. 454, pp. 441–445. doi: 10.1007/978-1-4615-4863-8_53.
31. Ratzenhofer-Komenda B., Favory R., Welslau W., Smolle-Jüttner F.M., Mathieu D. Physiologic effects of hyperbaric oxygen on oxygen transport and tissue oxygen pressure. In: *Handbook on Hyperbaric Medicine*. Ed.: D. Mathieu. Dordrecht: Springer; 2006, pp. 49–73. doi: 10.1007/1-4020-4448-8_5.
32. Sinan M., Ertan N.Z., Mirasoglu B., et al. Acute and long-term effects of hyperbaric oxygen therapy on hemorheological parameters in patients with various disorders. *Clin. Hemorheol. Microcirc*, 2016, Vol. 62, No. 1, pp. 79–88. doi:10.3233/CH-151952.
33. Биткова Е. А., Бадалян А. В., Гольдфарб Ю. С., Хватов В. Б., Ельков А. Н., Левина О. А. Нарушения реологических показателей крови и их коррекция при острых отравлениях химической этиологии на этапе реабилитации

- // *Тромбоз, гемостаз и реология*. 2016. № 1. С. 81–90 [Bitkova E. E., Badalyan A. V., Goldfarb Yu. S., Khvatov V. B., Elkov A. N., Levina O. A. Disturbances of rheological blood parameters and their correction in acute chemical poisonings at rehabilitation stage. *Tromboz, gemostaz i reologiya*, 2016, No. 1, pp. 81–90 (In Russ.)].
34. Gunes A. E., Aktas S. Effect of hyperbaric oxygen therapy on complete blood count. *Undersea Hyperb. Med*, 2017, Vol. 44, No. 4, pp. 357–364. doi:10.22462/7.8.2017.8.
35. Поповичева А. Н., Мартусевич А. К., Соснина Л. Н. и др. Влияние гипербарической оксигенации на состояние реологии крови и гемостаза у детей с воспалительными заболеваниями кишечника // *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. 2022. Т. 202, № 6. С. 83–89 [Popovicheva A. N., Martusevich A. K., Sosnina L. N., et al. The effect of hyperbaric oxygenation on the state of blood rheology and hemostasis in children with inflammatory bowel diseases. *Experimental and Clinical Gastroenterology*, 2022, No. 6, pp. 83–89 (In Russ.)]. doi: 10.31146/1682-8658-ecg-202-6-83-89.
36. Feng T., Zhang Q., Wei J., Wang X., Geng Y. Effects of alprostadi combined with hyperbaric oxygen on hearing recovery and hemorheology in patients with sudden sensorineural hearing loss and analysis of related influencing factors. *Exp. Ther. Med*, 2022, Vol. 23, No. 3, Article 242. doi: 10.3892/etm.2022.11167.
37. Steenebruggen F., Jacobs D., Delporte C., et al. Hyperbaric oxygenation improve red blood cell deformability in patients with acute or chronic inflammation. *Microvasc. Res*, 2023, Vol. 148, Article 104534. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mvr.2023.104534>.
38. Ercan E., Aydın G., Erdoğan B., Özçelik F. The effect of hyperbaric oxygen therapy on hematological indices and biochemical parameters in patients with diabetic foot. *Medicine*, 2024, Vol. 103, Article 12 (e37493). doi: 10.1097/MD.00000000000037493.
39. Onik G., Knapik K., Sieroń A., Sieroń K. Rheological properties of blood in patients with diabetic foot ulcers treated with local hyperbaric oxygen therapy – preliminary report. *Med. Rehabil.* 2024, Vol. 28, No. 2, pp. 31–39. doi: 10.5604/01.3001.0054.6093.
40. Евсеев А. К., Левина О. А., Горончаровская И. В., Потапова Н. А., Шабанов А. К., Петриков С. С. Влияние гипербарической оксигенации на деформируемость эритроцитов у пациентов с острым нарушением мозгового кровообращения // 7-й съезд врачей неотложной медицины «Ключевые точки оптимизации скорой, экстренной и неотложной медицинской помощи в РФ» (Москва, 18–19 сентября 2025 года), Москва. 2025. С. 37–38 [Evseev A. K., Levina O. A., Goroncharovskaya I. V., Potapova N. A., Shabanov A. K., Petrikov S. S. The effect of hyperbaric oxygenation on red blood cell deformability in patients with acute cerebrovascular accident // 7th Congress of emergency medicine physicians “Key points of optimization of emergency and urgent medical care in the Russian Federation” (Moscow, September 18–19, 2025). Moscow, 2025, pp. 37–38 (In Russ.)].
41. Tachev K.D., Danov K.D., Kralchevsky P.A. On the mechanism of stomatocyte–echinocyte transformations of red blood cells: experiment and theoretical model. *Colloids Surf. B. Biointerfaces*, 2004, Vol. 34, No. 2, pp. 123–140. doi: 10.1016/j.colsurfb.2003.12.011.
42. Freilich D. B., Seelenfreund M. H. Long-term follow-up of scleral buckling procedures with sickle cell disease and retinal detachment treated with the use of hyperbaric oxygen. *Modern Problems in Ophthalmology*, 1977, Vol. 18, pp. 368–372.
43. Wallyn C. R., Jampol L. M., Goldberg M. F., Zanetti C. L. The use of hyperbaric oxygen therapy in the treatment of sickle cell hyphema. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci*, 1985, Vol. 26, pp. 1155–1158.
44. Bitterman H. Bench-to-bedside review: oxygen as a drug. *Crit. Care*, 2009, Vol. 13, Article 205. doi: 10.1186/cc7151.
45. Evseev A. K., Kolesnikova A. I., Goroncharovskaya I. V., et al. The use of optically transparent electrodes to assess the quality of erythrocytes during storage. *Cell and Tissue Biology*, 2022, Vol. 16, No. 2, pp. 184–191. doi: 10.1134/S1990519X22020043.
46. Benedetti S., Lamorgese A., Piersantelli M., Pagliarani S., Benvenuti F., Canestrari F. Oxidative stress and antioxidant status in patients undergoing prolonged exposure to hyperbaric oxygen. *Clin. Biochem*, 2004, Vol. 37, No. 4, pp. 312–317. doi: 10.1016/j.clinbiochem.2003.12.001.
47. Oter S., Korkmaz A., Topal T., et al. Correlation between hyperbaric oxygen exposure pressures and oxidative parameters in rat lung, brain, and erythrocytes. *Clin. Biochem*, 2005, Vol. 38, No. 8, pp. 706–711. doi: 10.1016/j.clinbiochem.2005.04.005.
48. Ay H., Topal T., Uysal B., et al. Time-dependent course of hyperbaric oxygen-induced oxidative effects in rat lung and erythrocytes. *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol*, 2007, Vol. 34, No. 8, pp. 787–791. doi: 10.1111/j.1440-1681.2007.04645.x.
49. Matsunami T., Sato Y., Sato T., Yukawa M. Antioxidant status and lipid peroxidation in diabetic rats under hyperbaric oxygen exposure. *Physiol. Res*, 2010, Vol. 59, No. 1, pp. 97–104. doi: 10.33549/physiolres.931711.
50. Nagatomo F., Fujino H., Kondo H., Ishihara A. Oxygen concentration-dependent oxidative stress levels in rats. *Oxid. Med. Cel. Longev*, 2012, Vol. 2012, Article 381763. doi: 10.1155/2012/381763.
51. Гольдин М. М., Ромасенко М. В., Евсеев А. К. и др. Оценка эффективности использования гипербарической оксигенации при острой церебральной патологии с помощью электрохимической методики // *Нейрохирургия*. 2010. № 4. С.33–39 [Goldin M. M., Romasenko M. V., Evseev A. K., et al. Evaluation of hyperbaric oxygen efficacy in acute cerebral pathology using an electrochemical technique. *Neurosurgery*, 2010, No. 4, pp. 33–39 (In Russ.)].
52. Tepić S., Petković A., Srejić I., et al. Impact of hyperbaric oxygenation on oxidative stress in diabetic patients. *Undersea Hyperb. Med*, 2018, Vol. 45, No. 1, pp. 9–17.
53. Бабкина А. В., Хубутия М. Ш., Левина О. А. и др. Параметры системы окислительно-восстановительного гомеостаза у женщин с опухолями репродуктивной системы после трансплантации органов на фоне гипербарической оксигенации // *Трансплантология*. 2019. Т.11, № 4, С. 290–300 [Babkina A. V., Khubutiya M. Sh., Levina O. A., et

- al. Parameters of the oxidative-reduction system of the homeostasis in female transplant patients with tumors of the reproductive system treated with hyperbaric oxygen therapy. *The Russian Journal of Transplantation*, 2019, Vol. 11, No. 4, pp. 290–300 (In Russ.). doi: 10.23873/2074-0506-2019-11-4-290-300.
54. Петриков С. С., Евсеев А. К., Левина О. А. и др. Гипербарическая оксигенация в терапии пациентов с COVID-19 // *Общая реаниматология*. 2020. Т. 16, № 6, С. 4–18 [Petrikov S. S., Evseev A. K., Levina O. A., et al. Hyperbaric oxygen therapy in patients with COVID-19. *General Reanimatology*, 2020, Vol. 16, No. 6, pp. 4–18 (In Russ.)]. doi: 10.15360/1813-9779-2020-6-4-18.
55. Wada K., Miyazawa T., Nomura N., Tsuzuki N., Nawashiro H., Shima K. Preferential conditions for and possible mechanisms of induction of ischemic tolerance by repeated hyperbaric oxygenation in gerbil hippocampus. *Neurosurgery*, 2001, Vol. 49, No. 1, pp. 160–167. doi: <https://doi.org/10.1097/00006123-200107000-00025>.
56. Godman C.A., Joshi R., Giardina C., Perdrizet G., Hightower L. E. Hyperbaric oxygen treatment induces antioxidant gene expression. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 2010, Vol. 1197, No. 1, pp. 178–183. doi: 10.1111/j.1749-6632.2009.05393.x.
57. Ivanov M., Brkic P., Vajic U.J., et al. Hyperbaric oxygenation protects the kidney against ischemia-reperfusion injury. *Undersea Hyperb. Med.*, 2020, Vol. 47, No. 1, pp. 21–30. doi: 10.22462/01.03.2020.3.
58. Schottlender N., Gottfried I., Ashery U. Hyperbaric oxygen treatment: effects on mitochondrial function and oxidative stress. *Biomolecules*, 2021, Vol. 11, No. 12, Article 1827. doi: 10.3390/biom11121827.
59. Nagatomo F., Fujino H., Takeda I., Ishihara A. Effects of hyperbaric oxygenation on blood pressure levels of spontaneously hypertensive rats. *Clin. Exp. Hypertens.* 2010. Vol. 32, No. 3, pp. 193–197. doi: 10.3109/10641960903254521.
60. Cannellotto M., Yasells García A., Landa M. S. Hyperoxia: effective mechanism of hyperbaric treatment at mild-pressure. *Int. J. Mol. Sci.*, 2024, Vol. 25, No. 2, Article 777. doi: 10.3390/ijms25020777.
61. Mathieu D., Favory R., Collet F., Linke J. C., Wattel F. Physiologic effects of hyperbaric oxygen on hemodynamics and microcirculation. In: *Handbook on Hyperbaric Medicine*. Ed. by D. Mathieu. Dordrecht: Springer; 2006, pp. 75–101. doi: 10.1007/1-4020-4448-8_6.
62. Park H., Lee S., Ji M., et al. Measuring cell surface area and deformability of individual human red blood cells over blood storage using quantitative phase imaging. *Sci. Rep.*, 2016, Vol. 6, Article 34257. doi: 10.1038/srep34257.
63. Geekiyanage N. M., Balanant M. A., Sauret E., et al. A coarse-grained red blood cell membrane model to study stomatocyte-discocyte-echinocyte morphologies. *PLoS ONE*, 2019, Vol. 14, No. 4, Article e0215447. doi: 10.1371/journal.pone.0215447.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ РОССИИ

^{1,2}С. А. Гудков, ²Ю. Е. Барачевский, ²О. Н. Попова*, ²А. А. Гудков,

³А. Н. Никанов, ²А. В. Мироновская

¹Северный медицинский клинический центр имени Н. А. Семашко ФМБА России,
г. Архангельск, Россия

²Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск, Россия

³Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья Роспотребнадзора,
Санкт-Петербург, Россия

ВВЕДЕНИЕ. В настоящее время одной из важнейших задач в сфере национальных приоритетов Российской Федерации является развитие Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ).

ЦЕЛЬ. Выявить и проанализировать особенности природно-климатических и социально-экономических условий на территории Арктической зоны Российской Федерации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Методом компаративного анализа выполнен обзор статей в базах научной литературы Google Scholar, PubMed, eLIBRARY, КиберЛенинка, Scopus. Проанализированы 50 статей, которые содержали высокоинформативные, статистически достоверные данные. Ключевые слова-запросы: Арктика, климат, погода, субъекты Арктической зоны РФ, площадь, население, промышленность.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Установлено, что Арктическая зона РФ является особым регионом страны, который по совокупности климатических и погодных условий, их сочетания и степени выраженности, может быть отнесен к дискомфортным территориям с элементами выраженной экстремальности по ряду параметров. В комплексе как специфические, так и неспецифические природно-климатические факторы Арктики затрудняют труд, быт и отдых людей на этих территориях, потенциально могут влиять на развитие острых и хронических заболеваний. С учетом географического расположения АЗРФ разделена на восточную и западную части, которые по социально-экономическим показателям существенно различаются. Восточная часть по площади в 8,5 раза больше, чем западная, однако проживает на этой территории в 1,6 раза меньше населения, чем в западной части. В целом, западная часть АЗРФ в промышленном отношении более развита.

ОБСУЖДЕНИЕ. Климатические и погодные факторы Арктики оказывают многообразное воздействие на человека. Холод влияет на систему терморегуляции и является основным фактором риска развития переохлаждения и холодовой травмы. Ветер усиливает воздействие холода посредством повышения конвекционной теплоотдачи. Низкая абсолютная влажность воздуха затрудняет газообменную функцию легких, вызывает сухость слизистых и кожи. Суточные колебания атмосферного давления влияют на парциально плотность кислорода, приводят к напряжению внешнего и тканевого дыхания, световая аперiodичность изменяет временную организацию функций организма, а интенсивные электромагнитные поля тормозят синтез АТФ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Для дальнейшего экономического развития страны необходимо постоянное движение в сторону освоения Арктических территорий. При этом необходимо учитывать природно-климатические и социально-экономические особенности этих территорий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, Арктическая территория, климат, погода, социально-экономические условия

Для корреспонденции: Попова Ольга Николаевна, e-mail: popova_nsmu@mail.ru

For correspondence: Olga N. Popova, e-mail: popova_nsmu@mail.ru

Для цитирования: Гудков С. А., Барачевский Ю. Е., Попова О. Н., Гудков А. А., Никанов А. Н., Мироновская А. В. Характеристика природно-климатических и социально-экономических условий на Арктических территориях России // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 1. С. 17–28, EDN: <https://elibrary.ru/XAAEHA>

For citation: Gudkov S. A., Barachevsky Yu. E., Popova O. N., Gudkov A. A., Nikanov A. N., Mironovskaya A. V. Characteristics of natural, climatic, and socio-economic conditions in Arctic territories of Russia // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 1. P. 17–28, EDN: <https://elibrary.ru/XAAEHA>

CHARACTERISTICS OF NATURAL, CLIMATIC, AND SOCIO-ECONOMIC CONDITIONS IN ARCTIC TERRITORIES OF RUSSIA

^{1,2}Sergey A. Gudkov, ²Yuri E. Barachevsky, ²Olga N. Popova*, ²Alexey A. Gudkov,
³Alexander N. Nikanov, ²Anastasia V. Mironovskaya

¹N. A. Semashko Northern Medical Clinical Center of the FMBA of Russia, Arkhangelsk, Russia

²Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

³Northwestern Scientific Center for Hygiene and Public Health,
Saint Petersburg, Russia

INTRODUCTION. Currently, one of the most important tasks in the sphere of national priorities of the Russian Federation is the development of the Arctic Zone of the Russian Federation (AZRF).

OBJECTIVE. To identify and analyze the characteristics of natural, climatic, and socio-economic conditions in the Arctic zone of the Russian Federation.

MATERIALS AND METHODS. A comparative analysis was used to review articles in the Google Scholar, PubMed, eLIBRARY, CyberLeninka, and Scopus scientific literature databases. Fifty articles containing highly informative, statistically reliable data were analyzed. Keyword queries included: Arctic, climate, weather, constituent entities of the Arctic zone of the Russian Federation, area, population, industry.

RESULTS. It has been found that the Arctic zone of the Russian Federation is a special region of the country, which, based on the combination of climatic and weather conditions, their combination, and severity, can be classified as a discomfort zone with elements of pronounced extremeness across a number of parameters. Taken together, both specific and non-specific natural and climatic factors of the Arctic complicate the work, life, and recreation of people in these areas and can potentially influence the development of acute and chronic diseases. Given its geographical location, the Arctic Zone of the Russian Federation is divided into eastern and western parts, which differ significantly in socioeconomic indicators. The eastern part is 8.5 times larger in area than the western part, but its population is 1.6 times smaller than that of the western part. Overall, the western part of the Arctic Zone of the Russian Federation is more industrially developed.

DISCUSSION. Arctic climate and weather factors have a variety of effects on humans. Cold affects the thermoregulatory system and is the main risk factor for hypothermia and cold injury. Wind intensifies cold exposure by increasing convective heat loss. Low absolute humidity impedes gas exchange in the lungs, causing dryness of the mucous membranes and skin. Diurnal fluctuations in atmospheric pressure affect partial oxygen density, causing increased stress on external and tissue respiration. Light aperiodicity alters temporal organization of bodily functions, and intense electromagnetic fields inhibit ATP synthesis.

CONCLUSION. For the country's further economic development, continued progress toward the development of Arctic territories is essential. This requires taking into account the natural, climatic, and socioeconomic characteristics of these territories.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, Arctic territory, climate, weather, socio-economic conditions

Введение. Развитие медицинской науки, стратегии и тактики деятельности системы здравоохранения как в режиме повседневной работы, так и в ходе ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) должны в полной мере учитывать особенности различных регионов промышленного освоения и размещения населения страны [1–5]. В настоящее время в целях обеспечения национальных интересов страны в Арктике определены сухопутные территории Арктической зоны Рос-

сийской Федерации (АЗРФ)¹. В современных условиях развитие территории Арктической зоны является одной из важнейших задач в сфере национальных приоритетов Российской Федерации [6–8].

Цель. Выявить и проанализировать особенности природно-климатических и социально-экономических условий на территории АЗРФ.

¹О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации: Указ Президента РФ от 02 мая 2014 г. № 296

Материалы и методы. Методом компаративного анализа выполнен обзор статей в базах научной литературы Google Scholar, PubMed, eLIBRARY, КиберЛенинка, Scopus. Для анализа были использованы полнотекстовые публикации, обзоры литературы, оригинальные исследования по данной теме. Отобраны 50 статей, которые содержали высокоинформативные, статистически достоверные данные, подходящие под критерии поиска рукописей. Приоритет отдавался современным публикациям.

Результаты. Площадь Арктических территорий составляет 4,8 млн км² (около 28 % площади РФ), на которых проживает 2,6 млн человек (1,8 % населения РФ). Севернее Полярного круга (66° 33' с. ш.) площадь АЗРФ составляет 3,1 млн км² или 18 % всей территории России [9]. АЗРФ включает 9 субъектов РФ (в том числе Ненецкий автономный округ), 257 муниципальных образований, среди них 21 городской округ, 5 закрытых административно-территориальных образований (ЗАТО) в форме городских округов, 29 муниципальных районов, 40 городских поселений, 162 сельских поселения, общая численность населенных пунктов – 763 единицы [10].

В научной литературе климат принято описывать как режим повторяющихся погодных условий, специфичных для данной местности [11, 12]. В Арктике климатические условия можно характеризовать как неблагоприятные с элементами экстремальности: круглогодичные отрицательные температуры воздуха, доходящие зимой до -50 °C и небольшое (100–200 мм в год) количество осадков [13]. Климат Арктики формируется посредством 3 основных составляющих: приход и расход солнечного тепла на поверхность (радиационный фактор), движение воздушных масс морского или континентального происхождения (циркуляционный фактор), а также вертикальный теплообмен и влагообмен в атмосфере и подстилающей поверхности (ледяной покров на море, снежный покров, верхний слой воды и почвы, а также растительный покров) [14]. Малое количество солнечной радиации, интенсивный западно-восточный перенос воздушных масс под воздействием северных морей определяют суровость и экстремальность климата Арктики [15, 16].

С целью систематизации многочисленных климатических факторов Арктики представляется целесообразным разделить их на

2 группы: специфические и неспецифические. Для высоких широт, по мнению В. И. Турчинского [17], к неспецифическим следует отнести холод, высокую влажность воздуха и сильную ветровую нагрузку. Такие факторы могут встречаться и в других регионах Земли, например, в горной местности. К специфическим для Арктических широт относятся изменения солнечного освещения в течение года в виде светового аperiodизма (полярный день и полярная ночь), колебания атмосферного давления, а также факторы электромагнитной природы. Считается, что отрицательное воздействие этой группы факторов практически не блокируется социальными мерами защиты [18].

Среди группы неспецифических климатических факторов Арктики холод является ведущим. Следует подчеркнуть, что холод более адекватно соотносится с понятием охлаждающего влияния окружающей среды на организм [19, 20]. Холод в Арктике сохраняет, как и прежде, ведущее место в качестве фактора риска утраты здоровья. Так, только в Якутии от общего охлаждения погибают около 100 человек в год [21], а частота отморожений на северных территориях колеблется от 6 до 10 % в структуре травматизма².

Кроме острых повреждений, холод вызывает значительное напряжение практически всех функциональных систем организма, но особенно респираторной системы, поскольку она не может быть надежно защищена от воздействия холодного воздуха искусственным барьером. Напряжение дыхательной системы проявляется снижением ее функциональных резервов уже в состоянии покоя [22–29].

Особенно неблагоприятное влияние на организм оказывает сочетанное воздействие воздуха отрицательной температуры и ветровой нагрузки, поскольку ветер вызывает охлаждение организма, и, по расчетам И. А. Арнольди [30], каждая единица скорости ветра (м/с) условно приравнивается к понижению температуры воздуха на 2°С. Например, при температуре атмосферного воздуха -15°С и скорости ветра всего 5 м/с охлаждающий эффект окружающего воздуха будет соответствовать температуре -25°С,

²Горелик И.Э. Профилактика некроза при отморожениях конечностей в дореактивном и раннем реактивном периодах (экспериментальное исследование): Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Горелик Игорь Эрнстович. Кемерово, 2010. 22 с.

что может быть существенным риском для получения острой холодовой травмы у человека в виде обморожений и переохлаждения.

Кроме того, доказано, что гипотермия является фактором риска летального исхода при травмах [31, 32], что следует учитывать при оказании помощи пострадавшим на догоспитальном этапе в холодные периоды года, особенно зимой.

Отрицательные температуры на арктических территориях, согласно законам физики, приводят к высокой относительной влажности воздуха, достигающей 65–95 %, однако содержание влаги (абсолютная влажность) в холодном воздухе низкое. Так, при среднегодовой температуре $-10,7^{\circ}\text{C}$, абсолютное содержание влаги в воздухе составляет лишь $1,8 \text{ г/м}^3$, а в самый холодный период года – с ноября по апрель – абсолютная влажность воздуха равна $0,3\text{--}0,6 \text{ г/м}^3$ [33]. Необходимо заметить, что оптимальная величина абсолютной влажности воздуха, необходимая для нормального переноса кислорода и углекислого газа через альвеолярную мембрану легких, составляет $5,7\text{--}9,6 \text{ г/м}^3$ у человека³.

По мнению Б. Т. Величковского [34–37], низкая абсолютная влажность воздуха является самым существенным фактором, затрудняющим перенос кислорода и выведение углекислого газа через альвеолярную мембрану, что затрудняет газообменную функцию легких в Арктике.

Поскольку газообмен в легких возможен при условии согревания вдыхаемого воздуха до 37°C и полного насыщения водяными парами до 100 %, то требуется большое количество секрета для увлажнения дыхательных путей. В связи с этим потери воды с выдыхаемым воздухом в Арктике могут достигать 1500 мл в сутки вместо типичных 500 мл в средней полосе [34].

Следует заметить, что сухой воздух в Арктике также приводит к потере влаги не только со слизистых, но и с кожи. В результате уменьшается секреторная функция потовых и сальных желез, истончается водно-липидная мантия, обладающая бактерицидным, фунгицидным и вирусоцидным свойствами. Сухость кожи также способствует возникновению местных аллергических реакций [38].

Частые вторжения арктического воздуха с Северного Ледовитого океана и вынос морского воздуха в Атлантических циклонах придают погоде в Арктике большую неустойчивость (резкую изменчивость температуры воздуха, скорости ветра и атмосферного давления). Значительная роль в этих особенностях арктической погоды отводится так называемым «качелям давления» между Азорским максимумом и Исландским минимумом атмосферного давления [39]. Следует заметить, что суточные колебания атмосферного давления зимой могут достигать 70–80 гПА, а летом 40–60 гПА при скорости падения 3–5 гПА в час, что в 8–10 раз превышает порог, на который метеочувствительные люди и больные сердечно-сосудистыми заболеваниями отвечают ухудшением самочувствия [40]. Высокая скорость колебания атмосферного давления приводит к изменению парциальной плотности кислорода (возрастанию при повышении давления и уменьшению при его снижении), что отражается как на функции внешнего дыхания, так и на тканевом дыхании [41].

Для территорий Арктической зоны характерна резко выраженная световая аperiodичность: длинный световой период летом и короткий – зимой. Севернее Полярного круга такой аperiodизм максимально выражен и проявляется в виде полярного дня (Солнце не заходит за линию горизонта) и полярной ночи (Солнце не выходит из-за линии горизонта). Длительность таких периодов зависит от географической широты. Например, на архипелаге Земля Франца-Иосифа ($80^{\circ} 34'$ с. ш.) полярная ночь длится 125 сут, а полярный день – 140 сут, а в Мурманске ($68^{\circ} 58'$ с. ш.) полярная ночь – 53 сут и полярный день – 71 сут [29, 42]. Южнее полярного круга классические полярный день и полярная ночь отсутствуют, но в Приарктических регионах наблюдаются «полярные сумерки», обусловленные очень коротким (3–4 ч) световым периодом в течение суток, и «светлые ночи» со световым периодом 20–22 ч. Например, в Архангельске ($64^{\circ} 33'$ с. ш.) с середины мая до конца июля около 80 дней наблюдаются «светлые ночи», а с конца октября по конец февраля в течение 96 дней – «полярные сумерки».

Изменение фотопериодичности в течение года в первую очередь затрагивает временную организацию функций организма, вызывая сдвиги в деятельности функциональных систем [41].

³Устюшин Б. В. Физиолого-гигиенические аспекты труда человека на открытых территориях Крайнего Севера: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Устюшин Борис Владимирович. М., 1991. 38 с.

Кроме этого, при высоте стояния Солнца менее 20° (периоды полярной ночи и «полярных сумерек») изменяется спектральный состав солнечного излучения, достигающего до поверхности Земли. Касается это средневолновой ультрафиолетовой части солнечного спектра с длиной волны 280–320 нм, который не достигает земной поверхности, но именно эти волны обладают наибольшей биологической активностью, в частности, D-витаминообразующей. Следует заметить, что постоянное солнечное освещение (периоды полярного дня и «светлых ночей») также оказывают на организм человека существенное влияние. Так, снижается продукция мелатонина (основного гормона эпифиза, который регулирует суточные ритмы), что способствует ускоренному развитию процессов старения, возрастной патологии, а также новообразований [43–45].

Территории арктической зоны в связи с особым строением магнитосферы Земли существенно более проницаемы для радиоактивного излучения из Галактики и от Солнца, а также ионов тяжелых элементов и радиоволн различной частоты, которые в совокупности создают интенсивные электромагнитные поля, их напряженность увеличивается с повышением географической широты. Известно, что постоянные и переменные электромагнитные поля оказывают влияние на тканевое дыхание у че-

ловека, воздействуют на цитохромы, цитохромоксидазу и железосернистые белки, что приводит к снижению синтеза АТФ [46, 47].

Обсуждение. В целом, климатические и погодные факторы Арктики оказывают многообразное воздействие на человека (табл. 1).

Таким образом, АЗРФ является особым регионом страны, который по совокупности климатических и погодных условий, их сочетания и степени выраженности может быть отнесен к дискомфортным территориям с элементами выраженной экстремальности по ряду параметров.

Несмотря на суровые климатические и погодные условия на территориях АЗРФ, значение этого региона для России трудно переоценить. Ресурсный потенциал Арктики жизненно необходим для дальнейшего экономического развития страны. Так, в российской Арктике разработка имеющихся месторождений в настоящее время обеспечивает 95 % от общей российской добычи газа и около 70 % нефти, коренных и россыпных алмазов – 99 %; платиновых металлов – 98 %, хрома и марганца – 90 %, никеля – более 80 %; меди, сурьмы, олова, вольфрама, редких металлов – 50–90 %; золота – около 40 % [48].

Кроме полезных ископаемых, АЗРФ обладает разнообразными биоресурсами. Вся совокупность рыб Арктики оценивается в 430 видов, часть из которых относится к промысловым (треска, пикша, сельдь, камбала). Здесь добывается

Таблица 1

Медико-биологическая характеристика природно-климатических факторов Арктики

Table 1

Medical and biological characteristics of the natural and climatic factors of the Arctic

Климатический и погодный фактор	Характер основного воздействия на организм человека
Холод	Оказывает влияние на систему терморегуляции, является основным фактором риска развития переохлаждения и получения холодовой травмы, повышает тяжесть травматической болезни
Ветер	Усиливает воздействие холода посредством повышения конвекционной теплоотдачи
Низкая абсолютная влажность воздуха	Затрудняет газообменную функцию легких, вызывает сухость слизистых и кожи, способствует возникновению аллергических реакций
Атмосферное давление	Суточные колебания изменяют парциальную плотность кислорода, приводят к напряжению внешнего и тканевого дыхания
Световая аперiodичность	Изменяет временную организацию функций организма
Интенсивные электромагнитные поля	Тормозят синтез АТФ

более 30 % рыбы и морепродуктов России, производится около 20 % рыбных консервов. Ежегодный вылов рыбы в северных российских водах колеблется в пределах 143–516 тыс. тонн [49].

В АЗРФ пролегает Северный морской путь (СМП), трасса которого проходит через семь полярных морей вдоль северного побережья России на протяжении 7000 км [3]. СМП почти в 2 раза короче других морских путей из Европы на Дальний Восток. Так, от Санкт-Петербурга до Владивостока по СМП 14 280 км, через Суэцкий канал – 23 200 км, а вокруг мыса Доброй Надежды – 29 400 км. Сокращение расстояния по СМП влечет экономию времени на доставку грузов до 15 сут, снижаются издержки на топливо, оплату труда персонала и фрахт судов. Следует заметить, что протяженность судоходных меридиональных речных путей, примыкающих к СМП, составляет около 37 000 км, что обеспечивает транспортную доступность многих субъектов РФ [48].

С учетом географического расположения АЗРФ разделена на восточную и западную части. В западной части протяженность СМП от акватории Баренцева моря и Новоземельских проливов до Карских ворот составляет 1400 км, а в восточной – от Карских ворот до бухты Проведения – 5600 км. В восточную часть АЗРФ входят полностью территории Чукотского и Ямало-Ненецкого автономных округов, частично – территории республики Саха (Якутия) и Красноярского края. Западная часть АЗРФ включает полностью территории Мурманской области и Ненецкого автономного округа, а частично – территории Архангельской области, республик Карелия и Коми.

По социально-экономическим показателям восточная (табл. 2) и западная (табл. 3) части АЗРФ существенно различаются.

Так, восточная часть по площади в 8,5 раза больше, чем западная, однако проживающего населения на этой территории в 1,6 раза мень-

Таблица 2

Социально-экономические показатели субъектов и муниципальных образований восточной части Арктической Зоны Российской Федерации

Table 2

Socio-economic indicators of the subjects and municipalities of the eastern part of the Russian Arctic

Субъект РФ, муниципальное образование	Площадь, тыс. км ²	Население, тыс. человек	Плотность населения, чел / км ²	Промышленность, сельское хозяйство
Чукотский АО	737,7	47,8	0,07	Оленеводство
Ямало-Ненецкий АО	769,3	523,1	0,68	Нефть, газ, рыбопереработка
Абыйский улус	694,0	4,3	0,05	Оленеводство
Аллаиховский улус	107,3	2,3	0,02	Коневодство
Анабарский улус	55,6	3,5	0,34	Рыбный промысел
Булунский улус	225,0	7,9	0,04	Пушной промысел
Верхнекалымский улус	67,8	3,6	0,36	Оленеводство
Верхоянский район	107,1	10,6	0,09	Рыбный промысел
Жиганский район	140,2	3,9	0,03	Оленеводство
Момский район	104,6	3,8	0,04	Пушной промысел
Нижнекалымский район	86,8	3,9	0,05	Оленеводство
Оленекский район	317,9	4,4	0,01	Оленеводство
Среднекалымский улус	122,8	7,5	0,06	Оленеводство, пушной промысел
Усть-Янский район	120,3	6,7	0,05	Рыбный промысел
Эвено-Бытантайский улус	52,3	2,8	0,05	Оленеводство
Норильск	0,28	175,8	618	Добыча, переработка полимерных руд
Таймырский Долгано-Ненецкий район	879,9	29,6	0,03	Оленеводство, рыбный промысел
Туруханский район	209,3	11,6	0,06	Лесозаготовка, оленеводство
Всего	4798,2	853,1		

Таблица 3

Социально-экономические показатели субъектов и муниципальных образований западной части Арктической Зоны Российской Федерации

Table 3

Socio-economic indicators of the subjects and municipalities of the western part of the Russian Arctic

Субъект РФ, муниципальное образование (МО)	Площадь, тыс. км ²	Население, тыс. человек	Плотность населения, чел / км ²	Промышленность, сельское хозяйство
Мурманская область	144,9	651,4	4,5	Горнодобывающая, рыбная, энергетическая
МО «Воркута»	0,03	57,0	1917	Угледобывающая
Ненецкий автономный округ	176,7	41,9	0,24	Нефтегазодобывающая, оленеводство
МО «Архангельск»	0,29	299,6	1019	Деревообрабатывающая
МО «Северодвинск»	0,12	155,4	1301	Судостроение
МО «Новодвинск»	0,04	32,4	789	Целлюлозно-бумажная
МО «Новая Земля»	90,1	2,4	0,03	Оборонная
Мезенский муниципальный район	34,4	6,9	0,2	Рыбная, оленеводство
Онежский муниципальный район	24,7	22,9	0,9	Лесная, рыбная, деревообрабатывающая
Приморский муниципальный район	46,1	28,8	0,6	Рыбная, лесная, горнодобывающая
Лешуконский муниципальный округ	28,1	5,2	0,19	Лесная
Пинежский муниципальный район	32,1	17,9	0,56	Лесозаготовительная
Беломорский муниципальный район	12,7	14,1	1,1	Деревообрабатывающая
Лоухский муниципальный район	22,5	12,4	0,5	Лесная, рыбная
Кемский муниципальный район	8,03	15,5	1,9	Лесная, рыбная
Всего	612,8	1363,8		

ше, чем в западной части. Западная часть АЗРФ в промышленном отношении более развита. Следует заметить, что плотность населения на арктических территориях, за исключением городов, очень низкая: от 0,01 до 0,68 в восточной и от 0,2 до 4,5 в западной части.

Крупнейшим субъектом западной части АЗРФ является Архангельская область. Так, с учетом Ненецкого автономного округа (НАО) площадь арктических территорий Архангельская область составляет 425 тыс. км² (69,4 % всей территории западной части АЗРФ), где проживает 613, 5 тыс. чел (44,9 % всего населения западной части АЗРФ).

Экономика Архангельской области представлена судостроительной, оборонной, космической, рыбной, добывающей, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленностью. С территории области прямой выход к Северному морскому пути (СМП), имеющему стратегическое значение для РФ. Следует подчеркнуть, что в Архангельской области находится самый крупный порт Российской Арктики – Архангельск, с населением почти 300 тыс. человек [49].

Выгодное географическое расположение Архангельской области как приморского арктического региона, а также различные виды

промышленности, в том числе оборонного назначения, определяют перспективы дальнейшего роста экономики области в рамках стратегии развития России на арктическом главном региональном направлении национальной морской политики страны [50].

Заключение. Таким образом, анализ источников литературы позволил заключить, что ведущими неблагоприятными природно-климатическими факторами арктических территорий являются холод и низкая абсолютная влажность воздуха, которые оказывают значительное влияние на дыхательную систему, слизистые и кожные покровы, а также вызывают напряжение системы терморегуляции. В комплексе как специфические, так и неспецифические природно-климатические факторы Арктики за-

трудняют труд, быт и отдых людей на этих территориях, потенциально могут влиять на развитие острых и хронических заболеваний.

Следует отметить, что западная часть АЗРФ в промышленном отношении достаточно развита, а крупнейшим субъектом этой части России является Архангельская область, которая имеет современную многоотраслевую промышленность как гражданского, так и оборонного назначения, что подчеркивает важность этого региона.

Для дальнейшего экономического развития страны необходимо постоянное движение в сторону освоения Арктических территорий. При этом необходимо учитывать природно-климатические и социально-экономические особенности этих территорий.

Сведения об авторах

Гудков Сергей Андреевич – кандидат медицинских наук, заведующий кабинетом трансфузиологии, врач анестезиолог-реаниматолог, Северный медицинский клинический центр им. Н. А. Семашко ФМБА, России; Россия, 163000, г. Архангельск, Троицкий пр-т, д. 115; преподаватель кафедры мобилизационной подготовки здравоохранения и медицины катастроф, Северный государственный медицинский университет; 163069, Архангельск, Троицкий пр-т, д. 51; ORCID: 0009-0002-4139-7609; e-mail: s.gudkov@yandex.ru

Барачевский Юрий Евлампиевич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой мобилизационной подготовки здравоохранения и медицины катастроф, Северный государственный медицинский университет; Россия, 163069, Архангельск, Троицкий проспект, д. 51; ORCID: 0000-0002-5299-4786; e-mail: barjel@yandex.ru

Попова Ольга Николаевна – доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры гигиены и медицинской экологии, Северный государственный медицинский университет; Россия, 163069, г. Архангельск, Троицкий пр-т, д. 51; ORCID: 0000-0002-0135-4594; e-mail: popova_nsmu@mail.ru

Никанов Александр Николаевич – кандидат медицинских наук, заведующий научным отделением профпатологии, Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья; Россия, 191036, Санкт-Петербург, ул. 2-я Советская, д. 4; ORCID: 0000-0002-0135-4594; e-mail: krl_s-znc@mail.ru

Гудков Алексей Андреевич – клинический ординатор кафедры анестезиологии и реаниматологии, Северный государственный медицинский университет; Россия, 163069, г. Архангельск, Троицкий пр-т, д. 51; ORCID: 0009-0002-4139-7609; e-mail: Alexey_Gudkov@list.ru

Мироновская Анастасия Владимировна – кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры гигиены и медицинской экологии, Северный государственный медицинский университет; Россия, 163069, г. Архангельск, Троицкий проспект, д. 51; ORCID: 0000-0001-9849-2848; e-mail: mironovskayaav@29.rospotrebnadzor.ru

Information about authors

Sergey A. Gudkov – Cand. of Sci. (Med.), transfusiologist, anesthesiologist, Head of the Transfusiology Office, N. A. Semashko Northern Medical Clinical Center of the FMBA of Russia; Russia, 163000, Arkhangelsk, Troitsky Ave., 115; Lecturer, Department of Mobilization Preparation of Healthcare and Disaster Medicine, Northern State Medical University; Russia, 163069, Arkhangelsk, Troitsky Ave., 51; ORCID: 0009-0002-4139-7609; e-mail: s.gudkov@yandex.ru

Yuri Y. Barachevsky – Dr. of Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Mobilization Training of Healthcare and Disaster Medicine, Northern State Medical University; Russia, 163069, Arkhangelsk, Troitsky Ave., 51; ORCID: 0000-0002-5299-4786; e-mail: barjel@yandex.ru

Olga N. Popova – Dr. of Sci. (Med.), Associate Professor, Professor of the Department of Hygiene and Medical Ecology, Northern State Medical University; Russia, 163069, Arkhangelsk, Troitsky Ave., 51; ORCID: 0000-0002-0135-4594; e-mail: popova_nsmu.ru

Alexander N. Nikanov – Cand. of Sci. (Med.), Head of the Scientific Department of Occupational Pathology, Federal Budgetary Scientific Institution North-West Scientific Center for Hygiene and Public Health of Rospotrebnadzor; 191036, Saint Petersburg, 2nd Sovetskaya St., 4; ORCID: 0000-0002-0135-4594; e-mail: krl_s-znc@mail.ru

Alexey A. Gudkov – Clinical Resident, Department of Anesthesiology and Resuscitation, Northern State Medical University; Russia, 163069, Arkhangelsk, Troitsky Ave., 51; ORCID: 0009-0002-4139-7609; e-mail: Alexey_Gudkov@list.ru

Anastasia V. Mironovskaya – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Hygiene and Medical Ecology, Northern State Medical University; Russia, 163069, Arkhangelsk, Troitsky Ave., 51; ORCID: 0000-0001-9849-2848; e-mail: mironovskayaav@29.rospotrebnadzor.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 данную версию перед публикацией).

Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция и план исследования – С. А. Гудков, Е. Ю. Барачевский, О. Н. Попова; сбор и анализ данных – А. А. Гудков, А. Н. Никанов, А. В. Мироновская; подготовка рукописи – С. А. Гудков, Ю. Е. Барачевский, О. Н. Попова.

Author contribution. 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 this version before publication.

Special contribution: SAG, YuEB, ONP contribution to the concept and plan of the study. AAG, ANN, AVM contribution to the data collection and mathematical analysis. SAG, YuEB, ONP 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: данная работа не имела финансирования.

Funding: the study was carried out without additional funding.

Поступила/Received: 02.12.2025

Принята к печати/Accepted: 15.03.2026

Опубликована/Published: 30.03.2026

ЛИТЕРАТУРА/ REFERENCES

1. Алексанин С. С., Рыбников В. Ю., Нестеренко Н. В. Экстренное реагирование медицинских сил в ходе межведомственных учений «Безопасная Арктика 2023» // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2023. № 2. С. 5–14 [Aleksanin S. S., Rybnikov V. Yu., Nesterenko N. V. Emergency response of medical forces during the interdepartmental exercises “Safe Arctic 2023”. *Medical, biological and socio-psychological problems of safety in emergency situations*, 2023, № 2, pp. 5–14 (In Russ.)]. doi: 10.25016/2541-7487-2023-0-2-05-14.
2. Багненко С. Ф., Бондаренко М. О., Махновский А. И. и др. К вопросу о показателях смертности от травм и внешних причин в структуре индикаторов отраслевого инцидента «повышение эффективности Управления системой мер по снижению смертности взрослого населения» (сообщение первое) // *Скорая медицинская помощь*. 2024. Т. 25, № 4. С. 11–17 [Bagnenko S. F., Bondarenko M. O., Makhnovsky A. I., et al. On the issue of mortality rates from injuries and external causes in the structure of indicators of the industry incident “improving the efficiency of the Management of the system of measures to reduce mortality in the adult population” (first message). *Emergency Medical Care*, 2024, Vol. 25, № 4, pp. 11–17 (In Russ.)]. doi: 10.24884/2072-6716-2024-25-4-11-17.
3. Гончаров С. Ф., Баранова Н. Н., Старков С. А., Старков А. С. Медицинская эвакуация в Арктическом регионе: проблемы и пути решения // *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. 2024. № 1. С. 70–74 [Goncharov S. F., Baranova N. N., Starkov S. A., Starkov A. S. Medical evacuation in the Arctic region: problems and solutions // *Kremlin medicine. Clinical Bulletin*, 2024, № 1, pp. 70–74 (In Russ.)]. doi: 10.48612/cgma/eg64-rr33-62vh.
4. Гудков С. А., Барачевский Ю. Е., Попова О. Н., Брагина С. В. Анализ тяжести состояния пострадавших с шокогенными травмами, полученными в автомобильных авариях Приморском регионе Арктической зоны России: описательное исследование // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 3. С. 47–52 [Gudkov S. A., Barachevsky Yu. E., Popova O. N., Bragina S. V. Analysis of the severity of the condition of victims with shock-producing injuries received in car accidents in the Primorsky region of the Arctic zone of Russia: a descriptive study. *Marine Medicine*, 2025, Vol. 11, No. 3, pp. 47–52 (In Russ.)]. doi: 10.22328/2413-5747-2025-11-3-47-52.
5. Матвеев Р. П., Гудков С. А. Эпидемиологическая характеристика шокогенной травмы в арктической и приарктической зоне Архангельской области // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2017. № 4. С. 34–40 [Matveev R. P., Gudkov S. A. Epidemiological characteristics of shock trauma in the Arctic and near-Arctic zone of the Arkhangelsk region. *Medical-biological and socio-psychological problems of safety in emergency situations*, 2017, No. 4, pp. 34–40 (In Russ.)]. doi: 10.25016/2541-7487-2017-0-4-34-40.
6. Гончаров С. Ф., Баранов А. В., Мордовский Э. А. и др. Крайний Север и Арктическая зона. Новая стратегия безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2025–2030 гг. // *Медицина катастроф*. 2025. № 3. С. 59–64 [Goncharov S. F., Baranov A. V., Mordovsky E. A., et al. The Far North and the Arctic Zone. New Road Safety Strategy in the Russian Federation for 2025–2030. *Disaster Medicine*, 2025, No. 3, pp. 59–64 (In Russ.)]. doi: 10.33266/2070-1004-2025-3-59-64.
7. Дегтева Г. Н., Гудков А. Б., Новикова И. И. и др. Обоснование внедрения профилактического питания с использованием продуктов местной сырьевой базы для вахтовых работников арктического региона: обзор литературы // *Морская медицина*. 2022. Т. 8, № 2. С. 7–18 [Degtyareva G. N., Gudkov A. B., Novikova I. I., et al. Justification for the introduction of preventive nutrition using local raw material products for shift workers in the Arctic region: a literature review. *Marine Medicine*, 2022, Vol. 8, No. 2, pp. 7–18 (In Russ.)]. doi: 10.22328/2413-5747-2022-8-2-7-18.
8. Никанов А. Н., Скрипаль Б. А. *Тепловизионный метод исследования в диагностике профессиональных болезней у работников промышленного комплекса Крайнего Севера*. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН; 2011. 136 с. [Nikanov A. N., Skripal B. A. *Thermal imaging method of research in the diagnosis of occupational diseases in*

- workers of the industrial complex of the Far North. Apatity: Publishing house of the Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences, 2011, 136 p. (In Russ.).
9. Евдокимов В. И. Циркумполярная медицина: метаанализ отечественных научных статей (2005–2018 гг.): научное издание Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А. М. Никифорова МЧС России. СПб.: Политехника – принт. 2019. 268 с. [Evdokimov V. I. Circumpolar medicine: meta-analysis of domestic scientific articles (2005–2018): scientific publication All-Russian Center for Emergency and Radiation Medicine named after A. M. Nikiforov, EMERCOM of Russia. St. Petersburg: Polytechnic-print; 2019, 268 p. (In Russ.).]
 10. Глухов В. В., Деттер Г. Ф., Туккель И. Л. Россия в глобальном мире. 2016. 29 с. [Glukhov V. V., Detter G. F., Tukkel I. L. Russia in the Global World, 2016, 29 p. (In Russ.).]
 11. Грибанов А. В., Гудков А. Б., Попова О. Н., Крайнова И. Н. Кровообращение и дыхание у школьников в циркулярных условиях: монография. Архангельск: САФУ; 2016. 270 с. [Gribanov A. V., Gudkov A. B., Popova O. N., Krainova I. N. Blood circulation and respiration in schoolchildren under circumpolar conditions: monograph. Arkhangelsk: NARFU; 2016, 270 p. (In Russ.).]
 12. Карпин В. А., Гудков А. Б., Шувалова О. И. Анализ воздействия климатотехногенного прессинга на жителей северной урбанизированной территории // *Экология человека*. 2018. № 10. С. 9–14 [Karpin V. A., Gudkov A. B., Shuvalova O. I. Analysis of the impact of climatic and technological pressure on residents of the northern urbanized area. *Human ecology*, 2018, No. 10, pp. 9–14 (In Russ.).]
 13. Спиридонов А. А., Фадеев А. М. Ключевые климато-географические особенности Арктики // *Арктика* 2023. 2023. № 1 (13). С. 81–86 [Spiridonov A. A., Fadeev A. M. Key climatic and geographical features of the Arctic. *Arctic* 2023, 2023, № 1 (13), pp. 81–86 (In Russ.).]
 14. Янченко Н. И. Изменение солнечной радиации и высоты снежного покрова в марте. Иркутск // *Российская Арктика*. 2024. Т. 6, № 3. С. 43–54 [Yanchenko N. I. Changes in solar radiation and snow depth in March. Irkutsk. *Russian Arctic*, 2024, Vol. 6, № 3, pp. 43–54 (In Russ.).] doi: 10.24412/2658-4255-2024-3-43-54.
 15. Климат Арктики: процессы и изменения / под ред. И. И. Мохова, В. А. Семенова. М.: Физмат книга; 2022. 360 с. [Arctic Climate: Processes and Changes / Ed. I. I. Mokhov, V. A. Semenov. Moscow: Fizmat Book, 2022, 360 p. (In Russ.).]
 16. Нагурный А. П. Формирование и динамика современного климата Арктики: монография / под ред. Проф. Г. В. Алексеева. Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Гос. науч. центр Рос. Федерации. Аркт. и антаркт. науч.-исслед. ин-т. СПб.: Гидрометеоиздат; 2004. 266 с. [Nagurniy A. P. Formation and dynamics of the modern Arctic climate: monograph / Ed. Prof. G. V. Alekseev. Feder. Russian Hydrometeorology and Environmental Monitoring Service, State Scientific Center of the Russian Federation Federation - Arct. and Antarctica. scientific research. Institute. St. Petersburg: Gidrometeoizdat; 2004, 266 p. (In Russ.).] ISBN 5-286-01461-5.
 17. Турчинский В. И. Классификация основных факторов Крайнего Севера, оказывающих влияние на процесс адаптации и здоровье пришлого человека // *Основные аспекты географической патологии на Крайнем Севере*. Норильск, 1976. С. 46–48 [Turchinsky V. I. Classification of the main factors of the Far North that influence the adaptation process and health of an alien person. *Main aspects of geographical pathology in the Far North*. Norilsk, 1976, pp. 46–48 (In Russ.).]
 18. Чашин В. П., Гудков А. Б., Попова О. Н. и др. Характеристика основных факторов риска нарушений здоровья населения, проживающего на территориях активного природопользования в Арктике // *Экология человека*. 2014. № 1. С. 3–12 [Chashchin V. P., Gudkov A. B., Popova O. N., et al. Characteristics of the main risk factors for health disorders in the population living in areas of active nature management in the Arctic. *Human Ecology*, 2014, № 1, pp. 3–12 (In Russ.).]
 19. Дерновой Б. Ф., Прошева В. И. Сердечно-сосудистая система в условиях изменения гемодинамической нагрузки у человека на Севере: монография. Сыктывкар: ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. 2024. 168 с. [Dernovoy B. F., Prosheva V. I. Cardiovascular system under conditions of changing hemodynamic load in humans in the North: monograph. Sykttyvkar: FRC Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2024, 168 p. (In Russ.).]
 20. Гудков С. А., Барачевский Ю. Е., Попова О. Н., Брагина С. В. Сезонная характеристика шокогенных травм при дорожно-транспортных происшествиях на территории Приморского региона Арктической зоны Российской Федерации: описательное исследование // *Морская медицина*. 2024. Т. 10, № 4. С. 63–70 [Gudkov S. A., Barachevsky Yu. E., Popova O. N., Bragina S. V. Seasonal characteristics of shock-producing injuries in road traffic accidents in the Primorsky region of the Arctic zone of the Russian Federation: a descriptive study. *Marine Medicine*, 2024, Vol. 10, No. 4, pp. 63–70 (In Russ.).] doi: 10.22328/2413-5747-2024-10-4-63-70.
 21. Афтanas Л. И., Воевода М. И., Пузырева В. П., Мельникова В. Н. Арктическая медицина в XXI веке // *Вестник РАН*. 2015. Т. 85, № 5–6. С. 501–506 [Aftanas L. I., Voevoda M. I., Puzyreva V. P., Melnikova V. N. Arctic medicine in the 21st century. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, 2015, Vol. 85, № 5–6, pp. 501–506 (In Russ.).]
 22. Ефимова Н. В., Попова О. Н. Адаптивные реакции внешнего дыхания у здоровых студентов в годовом цикле на Европейском Севере // *Экология человека*. 2012. № 3. С. 23–27 [Efimova N. V., Popova O. N. Adaptive reactions of external respiration in healthy students in the annual cycle in the European North. *Human Ecology*, 2012, No. 3, pp. 23–27 (In Russ.).]
 23. Гудков А. Б., Попова О. Н., Никанов А. Н. Адаптивные реакции внешнего дыхания у работающих в условиях Европейского Севера // *Медицина труда и промышленная экология*. 2010. № 4. С. 24–27 [Gudkov A. B., Popova O. N., Nikanov A. N. Adaptive reactions of external respiration in workers in the conditions of the European North. *Occupational Medicine and Industrial Ecology*, 2010, No. 4, pp. 24–27 (In Russ.).]
 24. Шишкин Г. С., Устюжанинова Н. В. Функциональные состояния внешнего дыхания здорового человека. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2012. 329 с. [Shishkin G. S., Ustyuzhaninova N. V. Functional states of external respiration of a healthy person. Novosibirsk: Publishing house of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2012, 329 p.

- (In Russ.)).
25. Щербина Ф. А., Щербина А. Ф., Щербина Ю. Ф. *Дыхание человека в Арктике в сезоны световой аперидичности: монография*. Архангельск. 2018. 134 с. [Shcherbina F. A., Shcherbina A. F., Shcherbina Yu. F. *Human respiration in the Arctic during seasons of light aperiodicity: monograph*. Arkhangelsk, 2018, 134 p. (In Russ.)].
 26. Гришин О. В., Устюжанинова Н. В. Дыхание на Севере. Функция. Структура. Резервы. Патология. Новосибирск. Изд-во Art-Avenue. 2006. 253 с. [Grishin O. V., Ustyuzhaninova N. V. *Breathing in the North. Function. Structure. Reserves. Pathology*. Novosibirsk. Art-Avenue Publishing House, 2006, 253 p. (In Russ.)].
 27. Ким Л. Б. *Транспорт кислорода при адаптации человека к условиям Арктики и кардиореспираторной патологии*. Новосибирск: Наука; 2015. 216 с. [Kim L. B. *Oxygen transport during human adaptation to Arctic conditions and cardiorespiratory pathology*. Novosibirsk: Nauka; 2015, 216 p. (In Russ.)].
 28. Гудков А. Б., Лукманова Н. Б., Раменская Е. Б. *Человек в Приполярном регионе Европейского Севера. Эколого-физиологические аспекты*. Архангельск: ИПЦ САФУ. 2013. 184 с. [Gudkov A. B., Lukmanova N. B., Ramenskaya E. B. *Man in the Circumpolar Region of the European North. Ecological and Physiological Aspects*. Arkhangelsk: IPC NArFU, 2013. 184 p. (In Russ.)].
 29. Гудков А. Б., Беляев Р. В., Попова О. Н. и др. *Кардиореспираторная система человека в Арктике: монография*. С-Петербург: Реноме; 2024. 120 с. [Gudkov A. B., Belyaev R. V., Popova O. N., et al. *Human cardiorespiratory system in the Arctic: monograph*. St. Petersburg: Renome; 2024, 120 p. (In Russ.)].
 30. Арнольди И. А. *Акклиматизация человека на Севере*. М.: Медицина, 1962. 72 с. [Arnoldi I. A. *Acclimatization of man in the North*. Moscow: Medicine, 1962, 72 p. (In Russ.)].
 31. Денисова О. А., Каширина О. Ю., Мурашов А. Г. Инновационные изделия локального обогрева на основе металлизированных токопроводящих нитей для поддержания температуры тела человека в условиях низких температур, в том числе в чрезвычайных ситуациях // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2019. № 3. С. 66–73 [Denisova O. A., Kashirina O. Yu., Murashov A. G. Innovative local heating products based on metallized conductive threads to maintain human body temperature at low temperatures, including in emergency situations. *Medical, biological and socio-psychological problems of safety in emergency situations*, 2019, № 3, pp. 66–73 (In Russ.). doi: 10.25016/2541-7487-2019-0-3-66-73].
 32. Гудков С. А., Барачевский Ю. Е., Попова О. Н., Брагина С. В. Сезонная характеристика шокогенных травм в условиях Арктической зоны Архангельской области // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2024. № 3. С. 37–44 [Gudkov S. A., Barachevsky Yu. E., Popova O. N., Bragina S. V. Seasonal characteristics of shock-induced injuries in the Arctic zone of the Arkhangelsk region. *Medical-biological and socio-psychological problems of safety in emergency situations*, 2024, No. 3, pp. 37–44 (In Russ.)]. doi: 10.25016/2541-7487-2024-0-3-37-44].
 33. Скрипаль Б. А., Чашин В. П., Гудков А. Б. и др. *Профессиональный риск в горнохимической промышленности в Арктике: монография*. Апатиты: ФИЦ КНЦ РАН, 2020. 129 с. [Skripal B. A., Chashchin V. P., Gudkov A. B., et al. *Professional risk in the mining and chemical industry in the Arctic: monograph*. Apatity: FRC KSC RAS; 2020, 129 p. (In Russ.)].
 34. Величковский Б. Т. Причины и механизмы низкого коэффициента использования кислорода в легких человека на Крайнем Севере // *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра СО РАМН*. 2013. № 2. С. 97–101 [Velichkovsky B. T. Causes and mechanisms of low oxygen utilization in human lungs in the Far North. *Bulletin of the East Siberian Scientific Center SB RAMS*, 2013, № 2, pp. 97–101 (In Russ.)].
 35. Величковский Б. Т. Причины и механизмы снижения коэффициента использования кислорода в легких человека на Крайнем Севере // *Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера»*. 2009. Т. 1, № 2. С. 213–217 [Velichkovsky B. T. Causes and mechanisms of the decrease in the coefficient of oxygen utilization in human lungs in the Far North. *Interdisciplinary scientific and applied journal "Biosphere"*, 2009, Vol. 1, No. 2, pp. 213–217 (In Russ.)].
 36. Величковский Б. Т. Молекулярные механизмы нарушения газообменной функции легких на Крайнем Севере // *Пульмонология*. 2005. № 4. С. 61–64 [Velichkovsky B. T. Molecular mechanisms of impaired gas exchange function of the lungs in the Far North. *Pulmonology*, 2005, No. 4, pp. 61–64 (In Russ.)].
 37. Величковский Б. Т. *Экологическая пульмонология*. Екатеринбург, 2001. 196 с. [Velichkovsky B. T. *Ecological pulmonology*. Ekaterinburg, 2001. 196 p. (In Russ.)].
 38. Султанова Д. М., Диденко Г. В. Холодовая аллергия: этиология, проявления, профилактика // *Бюллетень Северного государственного медицинского университета*. 2022. № 2 (48). С. 158–160 [Sultanova D. M., Didenko G. V. Cold allergy: etiology, manifestations, prevention. *Bulletin of the Northern State Medical University*, 2022, № 2 (48), pp. 158–160 (In Russ.)].
 39. Попова В. В., Шмакин А. Б. Циркуляционные механизмы крупномасштабных аномалий температуры воздуха зимой в Северной Евразии в конце XX столетия // *Метеорология и гидрология*. 2006. № 12. С. 15–25 [Popova V. V., Shmakina A. B. Circulation mechanisms of large-scale air temperature anomalies in winter in Northern Eurasia at the end of the 20th century. *Meteorology and hydrology*, 2006, No. 12, pp. 15–25 (In Russ.)].
 40. Носков С. Н., Бузинов Р. В., Сюрин С. А. и др. Современные представления о влиянии земной и космической погоды на здоровье человека (обзор) // *Журнал медико-биологических исследований*. 2023. Т. 11, № 2. С. 232–247 [Noskov S. N., Buzinov R. V., Syurin S. A., et al. Modern concepts of the influence of terrestrial and space weather on human health (review). *Journal of Medical and Biological Research*, 2023, Vol. 11, No. 2, pp. 232–247 (In Russ.)]. doi: 10.37482/2687-1491-Z143].
 41. Рагозин О. Н., Радыш И. В., Шаламова Е. Ю. и др. Климат – здоровье – демография: ритмы вокруг нас: результаты

- многолетнего исследования в ХМАО – Югре: монография. Москва: РУДН; 2021. 187 с. [Ragozin O. N., Radysh I. V., Shalamova E. Yu., et al. Climate – health – demography: rhythms around us: results of a long-term study in the Khanty-Mansiysk Autonomous the district – Yugra: monograph. Moscow: RUDN, 2021, 187 p. (In Russ.)].
42. Максимов А. Л., Белкин В. Ш. Биомедицинские и климатогеографические аспекты районирования территорий с экстремальными условиями среды проживания // *Вестник ДВО РАН*. 2005. № 3. С. 28–39 [Maksimov A. L., Belkin V. Sh. Biomedical and climatic-geographical aspects of zoning of territories with extreme living conditions. *Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*, 2005, № 3, pp. 28–39 (In Russ.)].
43. Виноградова И. А., Анисимов В. Н. *Световой режим Севера и возрастная патология*. Петрозаводск: Петра-Пресс, 2012. 128 с. [Vinogradova I. A., Anisimov V. N. *Light regime of the North and age-related pathology*. Petrozavodsk: Petra-Press; 2012, 128 p. (In Russ.)].
44. Zharinov G. M., Bogomolov O. A., Chepurnaya I. V., et al. Addendum: melatonin increases overall survival of prostate cancer patients with poor prognosis after combined hormone radiation treatment. *Oncotarget*, 2023, Vol. 14, No. 1, pp. 149.
45. Anisimov V. N., Golubev A. G. Melatonin and carcinogenesis in mice: the 50th anniversary of relationships. *Oncotarget*, 2023, Vol. 14, No. 1, pp. 972–976.
46. Komeili A. Molecular mechanisms of magnetosome formation. *Annual Review of Biochemistry*, 2007, Vol. 76, p. 351–366.
47. Kullberg C., Henshaw I., Jakobsson S. Fuelling decisions in migratory birds: geomagnetic cues override the seasonal effects. *Proc. Bio. Sci*, 2007, Vol. 274, No. 1622, p. 2145–2151.
48. Журавлёв П. С., Зарецкая О. В., Подоплекин А. О. и др. *Арктика в системе международного сотрудничества и соперничества: монография*. Архангельск, 2015. 168 с. [Zhuravlev P. S., Zaretskaya O. V., Podoplekin A. O., et al. *The Arctic in the system of international cooperation and rivalry: monograph*. Arkhangelsk, 2015, 168 p. (In Russ.)].
49. Матишов Г. Г., Дженюк С. Л. Морская хозяйственная деятельность в российской Арктике в условиях современных климатических изменений // *Арктика: экология и экономика*. 2012. № 1 (5). С. 026–037 [Matishov G. G., Dzhenyuk S. L. Marine economic activity in the Russian Arctic in the context of modern climate change. *Arctic: ecology and economics*, 2012, No. 1 (5). pp. 026–037 (In Russ.)].
50. Мосягин И. Г. Стратегия развития морской медицины на Арктическом главном региональном направлении национальной морской политики России // *Морская медицина*. 2017. Т. 3, № 3. С. 7–22 [Mosyagin I. G. Strategy for the development of marine medicine in the Arctic main regional direction of the national marine policy of Russia. *Marine Medicine*, 2017, Vol. 3, No. 3, pp. 7–22 (In Russ.)]. doi: 10.22328/2413-5747-2017-3-3-7-22.

КЛИНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ИСТОРИЧЕСКОЙ ПЕРСПЕКТИВЕ: ЭТИЧЕСКИЕ ДИЛЕММЫ И ПРАВОВЫЕ РЕФОРМЫ

А. В. Голубева*, А. Ю. Коваленко

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

ВВЕДЕНИЕ. Клинические исследования – важная составляющая медицинской науки, является концептуальной основой доказательной медицины, актуальность которой возрастает как в России, так и в мире.

ЦЕЛЬ. Провести обзор основных тенденций развития клинических исследований в ракурсе решения этических и правовых проблем с древнейших времен до настоящего времени.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Исследование основано на анализе научных публикаций, представленных в международных базах данных (PubMed, Scopus, Web of Science) и российском научном электронном ресурсе eLIBRARY.RU. Использованы ключевые слова: клинические исследования, этические проблемы клинических исследований, правовые основы клинических исследований. Проанализированы различные периоды истории с рассмотрением основных тенденций в XX и начале XXI века. Включены работы, опубликованные в период с 1951 по 2024 г. Всего в данной работе проанализировано 49 информационных источников, таких как обзорные статьи, руководящие документы регулирующих и надзорных органов, публикации СМИ.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Выявлено, что клинические исследования являются важной составляющей научного процесса разработки методов лечения и охватывают практически все сферы медицинской науки настоящего времени. Ключевыми факторами, определяющими развитие области клинических исследований, являются регуляторные, правовые и этические аспекты, которые в конечном итоге определяют безопасность и эффективность медицинских услуг.

ОБСУЖДЕНИЕ. Современные принципы клинических исследований основываются на сбалансированном подходе, сочетающем научную значимость и защиту прав участников. Несмотря на прогресс в регулировании, новые вызовы продолжают возникать в связи с развитием биотехнологий, геномной инженерии и персонализированной медицины. Внешние угрозы, связанные с инфекционной и биологической безопасностью, не рассматривались в данной статье. В этом контексте обеспечение этической прозрачности и соблюдение международных стандартов остаются приоритетными задачами научного сообщества, поскольку только комплексный подход может гарантировать безопасность, эффективность и этичность медицинских клинических исследований в будущем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Совершенствование системы оценки качества медицинской помощи требует комплексного подхода, включающего стандартизацию методик, адаптацию шкал оценки качества жизни, интеграцию цифровых технологий и усиление внимания к безопасности пациентов. Результаты исследования могут быть использованы для планирования клинических исследований.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, клинические исследования, этические проблемы клинических исследований, безопасность пациентов, клинические исходы, правовые основы клинических исследований

*Для корреспонденции: Голубева Анна Викторовна, e-mail: golubevaa_md@mail.ru

*For correspondence: Anna V. Golubeva, e-mail: golubevaa_md@mail.ru

Для цитирования: Голубева А. В., Коваленко А. Ю. Клинические исследования в исторической перспективе: этические дилеммы и правовые реформы // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 1. С. 29–43, EDN: <https://elibrary.ru/VSZLDZ>

For citation: Golubeva A. V., Kovalenko A. Yu. Assessing quality of medical care: modern methods and prospects for improvement // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 1. P. 29–43, EDN: <https://elibrary.ru/VSZLDZ>

ASSESSING QUALITY OF MEDICAL CARE: MODERN METHODS AND PROSPECTS FOR IMPROVEMENT

Anna V. Golubeva, Angelina Yu. Kovalenko*

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

INTRODUCTION. Assessment of the quality of medical care is the most important element of modern healthcare aimed at improving the effectiveness of treatment, patient satisfaction and ensuring the safety of medical services. The development of innovative technologies, the need to standardize approaches to diagnosis and therapy require improvement of existing methods of assessment.

OBJECTIVE. Analyze existing methods for assessing the quality of medical care, identify their limitations and factors affecting the accuracy and objectivity of the assessment, and develop recommendations for their improvement.

MATERIALS AND METHODS. The study is based on the analysis of scientific publications presented in international databases (PubMed, Scopus, Web of Science) and the Russian scientific electronic resource eLIBRARY.RU. Key words used: assessment of the quality of medical care, patient satisfaction, quality of life assessment scales. The works published in the period from 2010 to 2024 were included. The methods of content analysis, comparative analysis and statistical data processing were used.

RESULTS. The analysis showed that the most common model for assessing the quality of medical care is the Donabedian model, which includes three key components: structure, process and outcome. An important role is played by standardized quality of life assessment scales (SF-36, EQ-5D, WHOQOL-BREF), which provide a comprehensive indicator of the impact of medical interventions on patients. It is shown that the key indicators are patient satisfaction, clinical outcomes, accessibility and safety of medical services.

DISCUSSION. Current trends in assessing the quality of care include an increased emphasis on the integration of digital technologies, big data analysis, the use of electronic medical records and clinical decision support systems. There are revealed problems related to the subjectivity of conclusions, the need for cultural adaptation of quality of life assessment scales and the variability of applied methodologies in different countries.

CONCLUSION. Improvement of the system for assessing the quality of medical care requires a comprehensive approach, including standardization of methods, adaptation of quality of life assessment scales, integration of digital technologies and increased attention to patient safety. The study results can be used to optimize the quality management of medical services and develop effective strategies to improve patient satisfaction.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, quality of care assessment, quality of life scales, patient satisfaction, patient safety, clinical outcomes, standardization of medical services

Введение. Стремление к познанию себя и окружающего мира является одной из фундаментальных характеристик человеческой природы. Научные исследования представляют собой логическое продолжение этого стремления, направленное на углубление понимания и совершенствование условий жизни людей. Настоящая статья посвящена развитию отрасли клинических исследований, включая историческое развитие, этические аспекты и уникальные особенности, обусловленные спецификой данной сферы научных изысканий. Клинические исследования представляют собой наиболее строго регулируемые виды научной деятельности, находящиеся под контролем как национальных, так и международных надзорных органов. Исследования с участием человека широко распространены и охватывают самые разные области науки – от изучения физиологических процессов и социальных взаимодействий до анализа исторических тенден-

ций и влияния природных факторов на человека. Их тематика столь же многогранна, сколь и человеческое воображение.

Цель. Проанализировать основные тенденции развития клинических исследований в ракурсе решения этических и правовых проблем с древнейших времен в до настоящего времени.

Материалы и методы. Исследование основано на анализе научных публикаций, представленных в международных базах данных (PubMed, Scopus, Web of Science) и российском научном электронном ресурсе eLIBRARY.RU. Использованы ключевые слова: клинические исследования, этические проблемы клинических исследований, правовые основы клинических исследований. Включены работы, опубликованные в период с 1951 по 2024 г. Рассмотрены различные периоды истории, с учетом основных тенденций XX и начала XXI века.

Результаты. Клинические исследования – отрасль медицинской науки, направленная на

оценку безопасности и эффективности лекарственных препаратов, медицинских устройств, диагностических методов, диетических рекомендаций, поведенческих стратегий и терапевтических схем, предназначенных для применения в медицинской практике. Эти исследования представляют собой систематизированный процесс сбора эмпирических данных, проверки гипотез и установления причинно-следственных связей, что позволяет не только оценивать клинические состояния и их исходы, но и совершенствовать методы лечения.

Клинические испытания как ключевой инструмент биомедицинских исследований включают в себя комплекс методик, разработанных для сбора объективных данных о безопасности и терапевтической эффективности медицинских вмешательств. Поскольку такие исследования проводятся с участием людей, их реализация требует строгого соблюдения определенных процедур и этапов. Основная цель таких исследований заключается в получении новых научных знаний, а не только в непосредственном лечении пациентов.

Термин «клиническое исследование» охватывает широкий спектр научных работ, ориентированных на пациента и направленных на оценку влияния различных медицинских вмешательств на здоровье человека. К таким вмешательствам относятся фармакологические препараты, радиофармпрепараты, клеточные и биологические продукты, хирургические и радиологические методы, медицинские устройства, генная терапия, натуральные лекарственные средства, а также изменения в системе оказания медицинской помощи, профилактические стратегии, мануальная терапия и психотерапия. В ряде случаев клинические исследования охватывают вопросы, не связанные напрямую с терапевтическими целями, например, изучение метаболизма лекарственных препаратов наряду с исследованиями, направленными непосредственно на лечение пациентов.

Хотя клинические испытания или эксперименты проводятся преимущественно в области биомедицинских исследований, аналогичные методологические подходы применяются и в смежных дисциплинах, таких как психология. В роли исследователей чаще всего выступают врачи, однако в клинических исследованиях могут участвовать также биофизики, химики и специалисты других направлений.

Несмотря на разнообразие типов и форм клинических исследований, методологические принципы, этические нормы и стандарты проведения остаются едиными и универсальными для всех подобных исследований.

История экспериментов в клинических исследованиях

Клинические исследования имеют многовековую историю, уходящую корнями в глубь тысячелетий. Первое известное клиническое испытание датируется 2737 г. до н. э. и отражено в Ветхом Завете. Первое описанное интервенционное клиническое исследование было посвящено насущному и по сей день вопросу – диете. Пример раннего эксперимента, который можно интерпретировать как клиническое испытание, описан в Ветхом Завете (около 600 г. до н. э.). В книге Пророка Даниила рассказывается о том, как во времена царя Навуходоносора II юноши из знатных израильских семей были выбраны для обучения в качестве царских советников. В течение трех лет они должны были придерживаться определенного рациона, включавшего мясо и вино с царского стола. Однако Пророк Даниил настоял на том, чтобы ему и трем другим юношам разрешили употреблять только бобовые и воду. По истечении 10-дневного испытательного периода их физическое состояние оказалось лучше, чем у сверстников, придерживавшихся традиционного питания. Впоследствии их диета была утверждена, а они сами продемонстрировали выдающиеся умственные способности (Дан. 1: 5–20; Ветхий Завет, Дан. 1: 1–14).

С течением времени данная область значительно эволюционировала, достигнув особенно заметного прогресса за последние 50 лет, благодаря совершенствованию методологии и внедрению строгих регуляторных стандартов в научные исследования.

Ранние клинические эксперименты

Шэнь Нун – легендарный император Китая считается основателем традиционной китайской медицины. Согласно историческим свидетельствам, его деятельность датируется 2737 г. до н. э. Ему приписывают создание сельскохозяйственного календаря и фундаментального фармакологического трактата, в котором систематизированы знания о травах и лекарственных средствах. Более того, Шэнь Нун про-

водил эксперименты, лично испытывая сотни ядовитых и лечебных растений, что можно считать одним из первых примеров эмпирического медицинского исследования [1].

Формирование эмпирической медицины

В 1537 г. французский хирург эпохи Возрождения Амбруаз Паре случайно провел клиническое исследование, когда у него закончился экстракт бузины, традиционно использовавшийся для лечения огнестрельных ранений. В качестве альтернативы он применил смесь яичного желтка, скипидара и розового масла. В результате оказалось, что у пациентов, получавших этот состав, раны заживали быстрее и с меньшими болевыми ощущениями, чем у тех, кто получал стандартное лечение [1].

Первый задокументированный систематический эксперимент был проведен в 1747 г. шотландским врачом Джеймсом Линдом во время морского плавания на корабле «Солсбери». Среди экипажа были многочисленные случаи цинги, и Линд решил проверить эффективность различных методов лечения. Он отобрал 12 заболевших моряков и разделил их на шесть групп, каждой из которых было назначено разное средство: сидр, по 25 капель «купоросного эликсира» (судя по всему, раствора серной кислоты), уксус, морская вода, смесь мускатного ореха с ячменной водой или цитрусовые. Уже через шесть дней моряки, получавшие апельсины и лимоны, продемонстрировали значительное улучшение, тогда как остальные группы не показали существенного прогресса. Итоги исследования Линд изложил в трактате «О цинге» (1753), что стало важным шагом в развитии экспериментальной медицины.

Развитие клинических испытаний и регуляторных стандартов

В 1863 г. американский врач Остин Флинт впервые применил концепцию плацебо в клиническом исследовании. Он протестировал эффект плацебо у пациентов с ревматической лихорадкой и сравнил его с результатами, полученными в другой группе, принимавшей активное лечение. Несмотря на спорные этические аспекты, это исследование стало важной вехой в развитии контролируемых клинических испытаний.

Законодательное регулирование клинических исследований началось в 1906 г. с принятия Закона о чистых продуктах питания

и лекарствах [2], который установил требования к маркировке лекарственных препаратов и стандартам их производства [3].

Идея рандомизации была введена в клинических испытаниях в 1923 г. [2, 5]. Рандомизация предполагает, что участники случайным образом получают одно из средств лечения, одно из которых является плацебо, а другое – новый препарат.

В 1938 г. был выпущен Федеральный закон о продуктах питания, лекарствах и косметике (FD&C) [2]. Он требовал, чтобы безопасность новых лекарств была доказана перед продажей, тем самым положив начало новой системе регулирования лекарственных средств. В нем также предусматривалось установить безопасные допуски для неизбежных ядовитых веществ.

Слепые клинические испытания, в ходе которых ни одна группа не знает, какое лечение получает, также появились в двадцатом веке, в 1943 г. Было выполнено первое двойное слепое контролируемое исследование Patulin for the common cold и первое широко опубликованное рандомизированное клиническое исследование стрептомицина в качестве средства лечения туберкулеза легких [5, 10]. Через год были введены многоцентровые клинические испытания, в ходе которых проводилось множество исследований в различных местах, все с использованием одного и того же протокола для обеспечения более широкого тестирования, обобщения и улучшения статистических данных.

В 1947 г., по результатам Нюрнбергского процесса, был разработан кодекс [4, 6, 12], в котором изложены 10 основных положений о защите людей, участвующих в клинических испытаниях.

Как продолжение данного кодекса, в 1964 г. была разработана Хельсинкская декларация, в которой были изложены этические кодексы для врачей и для защиты участников клинических испытаний по всему миру [7, 8].

В 1988 г. Управление по контролю за продуктами питания и лекарствами США (FDA) получило больше полномочий и ответственности за одобрение новых лекарств и методов лечения. А уже в 1990 г. была созвана Международная конференция по гармонизации (ICH). Ее цель – помочь устранить различия в требованиях к разработке лекарств для трех глобальных фармацевтических рынков: Европейского союза, Японии и Соединенных Штатов Амери-

ки. Инициативы ИСН по сей день способствуют повышению эффективности разработки новых лекарств, расширению их доступности для пациентов и населения в целом [9].

Сегодня клинические исследования являются неотъемлемой частью процесса разработки новых лекарственных препаратов, медицинских технологий и терапевтических стратегий. Благодаря строгим этическим и методологическим стандартам они обеспечивают высокую степень надежности и безопасности медицинских интервенций, способствуя прогрессу в здравоохранении и повышению качества жизни пациентов [6, 9].

История этики в клинических исследованиях

Развитие этических норм в клинических исследованиях во многом было обусловлено катастрофическими событиями, произошедшими в начале эры систематизированного медицинского экспериментирования. Одним из наиболее значимых инцидентов, способствовавших ужесточению регулирования фармацевтической деятельности, стала трагедия, связанная с применением сульфаниламидного эликсира в 1937 г. в США [11, 12].

Сульфаниламид в форме порошка и таблеток уже использовали в медицинской практике для лечения стрептококковых инфекций, однако в июне 1937 г. фармацевтическая компания S. E. Massengill разработала его жидкую версию, растворив активное вещество в этиленгликоле. Контроль качества проводился исключительно с точки зрения органолептических характеристик: оценивались вкус, внешний вид и запах, однако испытания на безопасность в то время не являлись обязательными. В результате токсические свойства нового состава не были выявлены до момента его массового распространения.

Через месяц после поступления препарата на рынок начали появляться сообщения о летальных исходах, вызванных его применением. Первой о высокой токсичности нового состава публично объявила Американская медицинская ассоциация (АМА), после чего компания S. E. Massengill инициировала отзыв препарата, разослав телеграммы дистрибьюторам, фармацевтам и врачам. Однако в сообщениях не указывалась истинная причина экстренного изъятия, что затрудняло оперативную реакцию медицинского сообщества. Лишь после вмешательства FDA компания была вынуждена разослать повторные уведомления

с разъяснением смертельных последствий применения препарата [13, 14].

Для минимизации дальнейших потерь FDA инициировало широкомасштабную кампанию по изъятию всех доз эликсира. Однако отсутствие централизованного учета рецептов, а также нежелание ряда фармацевтов и врачей сотрудничать с властями значительно осложнили процесс. Некоторые медицинские работники намеренно скрывали информацию о рецептах, опасаясь юридической ответственности за назначение опасного лекарства. Несмотря на эти препятствия, совместные усилия FDA, местных властей, АМА и средств массовой информации позволили восстановить 234 из 240 галлонов распространенного препарата. В ряде случаев потребовались судебные меры, включая федеральные аресты.

Поскольку на тот момент законодательство не предусматривало санкции за распространение токсичного препарата, FDA предъявило компании обвинение в неправильной маркировке, поскольку термин «эликсир» подразумевал содержание спирта, тогда как растворителем фактически являлся этиленгликоль. В результате отравления погибли десятки пациентов, включая детей с инфекциями горла, молодых специалистов и пожилых людей. Основными клиническими проявлениями интоксикации стали острая почечная недостаточность, сопровождавшаяся олигурией, отеками, тошнотой, рвотой, абдоминальной болью и судорогами [15, 16].

Данный инцидент стал одной из ключевых причин принятия в 1938 г. Федерального закона о продуктах питания, лекарствах и косметике (FD&C Act). Введение данного нормативного акта установило обязательные требования к проверке безопасности новых лекарственных средств до их поступления на рынок, что стало важным шагом в развитии системы фармакологического контроля [17]. Ужесточение регуляторных норм не только повысило уровень защиты пациентов, но и способствовало совершенствованию стандартов медицинских исследований, ориентированных на безопасность и эффективность разрабатываемых препаратов.

Катастрофа с Талидомидом и реформирование системы регулирования лекарственных средств

Талидомид, производное глутаминовой кислоты, был впервые синтезирован в Европе

в 1953 г. и выпущен на рынок немецкой фармацевтической компанией Chemie Grünenthal в 1957 г. в качестве противосудорожного препарата. Благодаря выраженному седативному эффекту его также использовали как снотворное средство. Препарат быстро приобрел популярность и считался безопасным, что способствовало его широкому применению. Он назначался для лечения различных состояний, включая похмельный синдром, что было подтверждено клиническими исследованиями [18, 19]. К концу 1950-х годов талидомид продавался более чем 10 фармацевтическими компаниями на пяти континентах [12, 13, 20].

Расширение показаний к применению происходило без должного контроля. Препарат назначался при ряде патологий, включая простуду, тревожные состояния и бронхиальную астму, а также рассматривался как потенциальное средство при диабете, онкологических и аутоиммунных заболеваниях [19]. В конце 1950-х годов талидомид начали неофициально рекомендовать беременным женщинам для уменьшения симптомов утренней тошноты. Вскоре это применение получило широкое распространение, что впоследствии привело к одной из крупнейших фармацевтических катастроф в истории медицины.

После успеха препарата в Европе американская компания William S. Merrell подала заявку в FDA на его регистрацию в качестве безрецептурного лекарственного средства, предназначенного для лечения широкого спектра заболеваний, включая анорексию, нарушения когнитивных функций у детей, бронхиальную астму и туберкулез. Рассмотрением запроса занималась доктор Фрэнсис Келси – новый рецензент FDA. Проведя анализ имеющихся данных, она выразила обеспокоенность в связи с сообщениями о побочных эффектах талидомида, а также отсутствием исследований, подтверждающих его безопасность [18–22].

На тот момент уже были зарегистрированы случаи необратимой периферической невропатии у пациентов, длительно принимавших талидомид [18]. Ранее было установлено, что лекарственные вещества, оказывающие токсическое воздействие на периферическую нервную систему, могут вызывать врожденные аномалии у потомства экспериментальных животных. Однако эта информация была проигнорирована руководством компании, которое

заявляло, что известные случаи периферической невропатии носили единичный характер и были обратимы после отмены препарата.

Доктор Ф. Келси приостановила рассмотрение заявки, запросив дополнительные данные по исследованиям безопасности и потенциальному влиянию препарата на беременных женщин, поскольку одним из предполагаемых показаний к его применению было устранение утренней тошноты. Однако эти данные отсутствовали, что привело к задержке в процессе утверждения. В тот же период стали поступать новые сообщения о тяжелых нежелательных эффектах, в частности о врожденных пороках развития [21, 22]. После того как исследования установили причинно-следственную связь между приемом Талидомида во время беременности и тератогенными эффектами, возникла необходимость пересмотра системы регулирования лекарственных средств.

Катастрофа, связанная с применением Талидомида, приобрела глобальный характер. Первые сообщения о тяжелых побочных эффектах, включая врожденные аномалии, поступили из Европы и Австралии. Большинство пострадавших находились за пределами США. О возможных тератогенных свойствах препарата в 1961 г. заявили австралийский акушер Уильям Макбрайд и немецкий педиатр Видукинд Ленц (Widukind Lenz, нем.), предположившие связь между ростом случаев врожденных аномалий и приемом Талидомида беременными женщинами [42].

С 1958 г. препарат продавался без рецепта в Западной Германии, а к 1961 г. его реализация велась в 46 странах. Лекарство рекламировалось как «абсолютно безопасное», что способствовало его распространению. Первые случаи необратимой периферической невропатии, вызванной длительным применением, были зафиксированы еще до 1961 г., но фармацевтические компании отвергали эти сообщения. Лишь после того, как Германия ограничила продажу Талидомида по рецепту и убрала с этикетки заявление о его безопасности, проблема получила широкую огласку.

Ситуация усугубилась, когда акушеры начали регистрировать резкий рост врожденных аномалий, включая фокимелию (недоразвитие конечностей), которая до этого встречалась крайне редко. Учитывая, что применение Талидомида приходилось на первый триместр бере-

менности, часто до того, как женщины узнавали о своем положении, препарат оказывал необратимое влияние на развитие плода. Под давлением общественности Германия прекратила распространение Талидомида, но в ряде стран его реализация продолжалась.

Полный отказ от препарата в разных странах произошел с задержкой: в Канаде его продажу осуществляли до 1962 г. В период с конца 1950-х до начала 1960-х годов от тератогенного воздействия Талидомида пострадали более 13 тыс. детей, многие из которых умерли вскоре после рождения, а другие столкнулись с тяжелыми врожденными аномалиями, влияющими на качество жизни.

Катастрофа с Талидомидом выявила критические пробелы в системе регулирования лекарственных средств и ускорила развитие международных стандартов контроля за безопасностью новых препаратов.

Примерно в то же время, когда разразился скандал с талидомидом, сенатор Эстес Кефвер предложил законопроект, направленный на усиление контроля над фармацевтическими компаниями, включая регулирование цен и ужесточение требований к безопасности лекарств. Первоначально документ не получил достаточной поддержки, однако после обнародования масштабов катастрофы с талидомидом интерес к реформе возрос. В 1962 г. Э. Кефвер внес поправки, сосредоточив внимание исключительно на усилении системы контроля безопасности.

Поправки Кефвера–Харриса, принятые в 1962 г., стали ключевым этапом в реформировании фармацевтической индустрии. Основные изменения включали:

- отмену 60-дневного срока автоматического одобрения препарата, что передавало ответственность за доказательство безопасности и эффективности лекарств с FDA на фармацевтические компании;
- проведение обязательных клинических исследований, соответствующих современным методологическим стандартам;
- одобрение всех клинических испытаний FDA и получение информированного согласия от участников;
- установление новых правил мониторинга безопасности лекарственных средств, включая обязательную передачу данных об эффективности и рисках на всех этапах маркетингового процесса.

- расширение полномочий FDA, включая возможность немедленного изъятия препаратов с рынка при выявлении их опасности [17, 18, 23].

Катастрофа с талидомидом продемонстрировала необходимость строгого государственного контроля в области клинических испытаний и фармаконадзора. Внесенные изменения существенно повысили уровень защиты пациентов и способствовали развитию более прозрачной и безопасной системы лекарственного обеспечения.

Исследование Таскиги, официально известное как «Исследование Таскиги нелеченного сифилиса у афроамериканских мужчин»

Проводилось Службой общественного здравоохранения США (USPHS) совместно с Институтом Таскиги с 1932 по 1972 г. [24]. Его целью было изучение естественного течения сифилиса без лечения. В ходе эксперимента 399 инфицированных афроамериканских мужчин из сельских районов Алабамы были лишены стандартной терапии, несмотря на ее доступность. Участников не информировали о диагнозе, а также о существовании эффективных методов лечения. В результате многие умерли от осложнений сифилиса, а болезнь передавалась их женам и детям, у которых диагностировали врожденный сифилис [25, 26].

Идея научного эксперимента возникла на фоне результатов продолженного исследования в Осло (1928) [26], в котором наблюдались белые мужчины с нелеченным сифилисом. Она опровергает прежнее представление о расовой специфичности поражения органов при этом заболевании: считалось, что у лиц кавказского происхождения сифилис чаще приводит к неврологическим нарушениям, а у афроамериканцев – к сердечно-сосудистым осложнениям [27]. Вследствие этого американские ученые инициировали аналогичное исследование в регионе с высокой распространенностью инфекции: по данным серологического скрининга, сифилис был выявлен у 35–45 % населения округа Мейкон, в котором находился г. Таскиги.

Первоначально планировалось наблюдение за пациентами в течение 6–8 мес с последующим назначением терапии сальварсаном и висмутом. Исследование позиционировалось как программа медицинской помощи малообеспеченному населению, что способствовало поддержке со стороны местных врачей, вклю-

чая афроамериканских специалистов [28, 29]. В исследование включили 600 мужчин, из которых 201 человек составил контрольную группу, а 399 участников были инфицированы, но не осведомлены о своем диагнозе. Взамен участия им обещали бесплатную медицинскую помощь, питание и 50 долларов США на похоронные расходы.

С началом Великой депрессии (1929) финансирование исследования было приостановлено, что сделало невозможным предоставление лечения. Однако организаторы приняли решение продолжить наблюдение без оказания медицинской помощи, что полностью изменило первоначальные цели эксперимента. Это привело к отставке одного из его основателей, доктора Талиаферро Кларка [29–31].

Исследование не проводилось в условиях секретности: результаты многократно публиковались в медицинских журналах, а полученные данные были использованы для разработки методов диагностики венерических заболеваний. Одним из итогов стало создание Лаборатории исследования венерических заболеваний (VDRL), разработавшей серологический тест, широко применяемый в современной диагностике сифилиса [32]. К 1947 г. эффективность пенициллина в лечении сифилиса была общепризнанной, и его массовое применение привело к значительному снижению распространенности заболевания. Однако исследователи Таскиги продолжали препятствовать пациентам в получении лечения, запрещая им принимать антибиотик и ограничивая их доступ к информации о новых терапевтических возможностях. На момент завершения эксперимента в 1972 г. в живых оставались лишь 74 участника из 399 инфицированных, 128 человек умерли от сифилиса и его осложнений, 40 жен заразились инфекцией, а 19 детей родились с врожденной формой заболевания [30–34].

Несмотря на принятие Нюрнбергского кодекса (1947) и Хельсинкской декларации (1964), установивших этические нормы для медицинских исследований, эксперимент продолжался. В 1966 г. исследователь Питер Бакстун впервые публично выразил обеспокоенность в связи с методологией исследования и его этическими аспектами. Он уведомил Отдел венерических заболеваний о грубых нарушениях, однако Центры по контролю и профилактике заболеваний (CDC), ответственные за эксперимент,

поддержали его продолжение. Лишь в 1972 г., после того как информация была опубликована в прессе, разразился общественный скандал, что привело к расследованию со стороны Конгресса США [33].

В 1974 г. был принят Закон о национальных исследованиях, который установил обязательное рассмотрение всех клинических испытаний Институциональными наблюдательными советами (IRB), получение информированного согласия от участников, а также предоставление им полной информации о заболевании и проводимых обследованиях [34]. В рамках этого закона была создана Национальная комиссия по защите участников биомедицинских и поведенческих исследований, которая в 1979 г. опубликовала Отчет Белмонта. Этот документ закрепил три ключевых принципа биоэтики:

- уважение к личности – обязательное информированное согласие участников;
- благотворительность – принцип «не навреди», ориентированный на минимизацию рисков и максимизацию пользы;
- справедливость – равномерное распределение рисков и выгод исследования, исключающее эксплуатацию участников [35].

Исследование Таскиги стало примером системных этических нарушений в медицинских исследованиях и привело к реформированию нормативной базы клинических испытаний в США, установив строгие требования к защите прав участников и проведению научных исследований с участием человека.

Глобальные катастрофы и меры реагирования.

Нацистские эксперименты над людьми

XX век стал свидетелем значительных достижений в области медицины и науки, однако некоторые из них были связаны с бесчеловечными экспериментами, проводившимися в условиях войны. Нацистские медицинские исследования, осуществлявшиеся без этических и правовых ограничений, привели к гибели большинства участников, а выжившие смогли лишь частично зафиксировать ужасы пережитого. Эти эксперименты проводились в политической системе тоталитарной нацистской Германии, где доминировала идеология расовой гигиены, сформированная под влиянием социальных и политических движений того времени [35, 36].

Нацистское руководство использовало научные исследования как инструмент для обоснования расового превосходства. Врачи и ученые находили в государственной поддержке возможность реализовать свои теории, а власти использовали их деятельность для легитимизации идеологии. Полному нарушению гражданских прав еврейского населения способствовала государственная политика, превратившая людей в подопытный материал для экспериментов. Исследования, финансируемые государством, были направлены на улучшение здоровья так называемой «высшей расы» и концентрировались на изучении наследственности и физической выносливости [37].

Отличительной чертой нацистских медицинских экспериментов было отсутствие принуждения к участию со стороны исследователей: доступ к подопытным и практически неограниченные ресурсы создавали условия, в которых ученые могли свободно проводить исследования без моральных и юридических ограничений [38, 39]. Многие эксперименты соответствовали научным стандартам того времени, тогда как другие основывались на устаревших методах. Ряд данных, полученных в ходе этих исследований, впоследствии использовался другими государствами, но при этом методы, применявшиеся нацистскими врачами, неизменно сопровождались жестокостью и полным пренебрежением к человеческой жизни [39,40].

После окончания Второй мировой войны участники нацистских экспериментов предстали перед судом в рамках Нюрнбергского процесса. Этот судебный процесс стал отправной точкой для формирования современных принципов биоэтики. Его результатом явилось принятие Нюрнбергского кодекса, включавшего десять ключевых положений, регламентирующих проведение исследований на людях [3, 4].

Ключевые положения Нюрнбергского кодекса включают обязательное получение добровольного информированного согласия участников; проведение исследований только в случае невозможности достижения аналогичных результатов другими методами; предварительное тестирование на животных перед экспериментами на людях; минимизацию физических и психологических страданий участников; запрет экспериментов, сопряженных с высоким риском гибели или тяжелых повреждений; соотношение риска и потенциальной пользы ис-

следования; обеспечение участников всеми необходимыми средствами для предотвращения страданий; проведение исследований только квалифицированными специалистами; право испытуемых на отказ от участия в любой момент; обязанность исследователей прекратить эксперимент при выявлении угрозы здоровью участников.

Принципы Нюрнбергского кодекса стали основой международных стандартов в области клинических испытаний и защиты прав участников медицинских исследований.

Хельсинкская декларация 1964 г.

Впервые Декларация была принята в 1964 г. для защиты от неэтичных медицинских экспериментов на людях. Документ содержал этические принципы высокого уровня, призванный обеспечить руководство по проведению исследований с участием людей. Представители рабочей группы по пересмотру Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (WMA) прибыли из 19 стран (Бангладеша, Бельгии, Бразилии, Китая, Дании, Финляндии, Германии, Израиля, Японии, Малайзии, Нидерландов, Нигерии, Южной Африки, Тайваня, Великобритании, Ватикана, Уругвая и США). Включая 110 партнеров – членов-учредителей Всемирной медицинской ассоциации, которые представили комментарии к предложенному проекту текста в течение двух периодов общественного обсуждения. В ходе конференции было проведено восемь территориальных и тематических совещаний во всех регионах WMA. Тель-Авив: влияние больших данных, машинного обучения, искусственного интеллекта; Сан-Паулу: этические аспекты использования плацебо; Копенгаген: новые проекты судебных разбирательств; Токио: исследования в условиях чрезвычайных ситуаций/пандемий в области общественного здравоохранения; Ватикан: исследования в условиях нехватки ресурсов, глобальное правосудие; Йоханнесбург: вовлечение общественности, доступ после судебного разбирательства, уязвимость; Мюнхен: конкретные и особо уязвимые группы населения; Вашингтон, округ Колумбия: окончательная консолидация.

Рабочая группа по пересмотру Хельсинкской декларации и подгруппа редакционной группы под руководством председателя Рабочей группы доктора Джека Реснека-младшего встречались

на протяжении всего процесса, чтобы проанализировать отзывы комментаторов и участников совещания и представить проект на рассмотрение Генеральной Ассамблеи WMA [41, 42].

Документ, подготовленный WMA, представлял собой авторитетное подтверждение важности предварительного краткого и серьезного пересмотра любого протокола исследования с экспериментами на людях, предписывал каждому исследователю применять принципы, провозглашенные декларацией. Первоначальный документ устанавливал четкие границы проведения клинических исследований, но оставлял за исследователем определенную свободу в принятии решения о наличии особых обстоятельств для эксперимента, которые позволяли испытуемым участвовать в нем без предварительного информированного согласия.

В 1975 г. были внесены изменения, которые указывали на необходимость пересмотра протоколов исследований независимыми наблюдательными комиссиями. В этой декларации признавалось, что медицинский прогресс основан на исследованиях, которые в конечном итоге будут включать эксперименты с людьми, но разъяснялось, что цель получения новых знаний никогда не должна превосходить необходимость защиты прав и здоровья пациентов, включая тех, кто участвует в медицинских исследованиях [43].

Обновление 1983 г. (Венеция) было сосредоточено на укреплении стандартов использования плацебо и еще раз подчеркнуло важность информированного согласия, усовершенствовал процедуры для дальнейшей защиты участников исследований.

В пересмотре 1989 г. (Гонконг) особое внимание уделялось доступу после окончания обучения, подчеркивая, что участники должны извлекать пользу из результатов исследований, особенно в развивающихся странах. В 1996 г. (Южная Африка) WMA внесла дополнительные разъяснения этических принципов, особенно в отношении исследований с участием пациентов из неблагополучных семей [44].

Значительный пересмотр произошел в 2000 г. в Эдинбурге. Он касался этики плацебо-контролируемых исследований, выступая за их использование только в тех случаях, когда не существует доказанного ухудшения течения заболевания в процессе лечения. Это также укрепило рекомендации по получению пользы

участниками после окончания исследования.

В декларацию 2008 г. (Сеул) добавлены новые руководящие принципы по биобанкам и генетическим исследованиям, касающиеся этических соображений при хранении биологических образцов и обеспечении конфиденциальности.

В 2013 г. (Форталеза) изменения декларации дополнительно уточнили доступ участников к вмешательствам после проведения испытаний и подчеркнули ответственность врачей-исследователей при обследовании социальных условий и состояния здоровья участников клинического исследования [45].

С учетом современных реалий на своей Генеральной ассамблее, состоявшейся 16–19 октября 2024 г. в Хельсинки (Финляндия) WMA объявила о принятии новой редакции Хельсинкской декларации (DoH) – всемирного руководства по медицинским исследованиям с участием людей. Ключевые изменения, которые были внесены, можно разделить на две категории:

1) вовлечение, уважение и защита, ориентированные на участников, включая признание уязвимости пациентов-участников, требуют вовлечения сообщества, стремления к глобальной справедливости, получения осознанного согласия, а также использования языка, ориентированного на участников;

2) полезность и ценность научных исследований, включая стремление к “индивидуальному и общественному здоровью”, соблюдение научной строгости и добросовестности, а также взвешенное распределение выгод, рисков и бремени, направленных на пользу участников клинических исследований.

Редакция 2024 г. заменила предыдущую версию, принятую в октябре 2013 г. в Бразилии. Некоторые особенности версии 2024 г.:

Расширение сферы влияния. Декларация распространяется не только на врачей, но и на всех исследователей, команды исследователей, учреждения, авторов, редакторов и издателей, участвующих в медицинских исследованиях.

Смена терминологии. Термин «субъекты» заменен на «участники».

Акцент на общественном здоровье. Версия 2024 г. подчеркивает необходимость проведения исследований, направленных на улучшение общественного здоровья и благополучия.

Уделение внимания информированному согласию. Документ подчеркивает, что процесс

информированного согласия должен быть адаптирован к специфическим потребностям каждого участника.

Использование плацебо. Его использование возможно только в случае отсутствия доказанных методов вмешательства или при наличии серьезных научных оснований.

Действующая версия 2024 г. является единственной официальной, все предыдущие версии не должны использоваться или цитироваться, кроме как в исторических целях.

Процесс тестирования новых вмешательств: этапы исследования

Основываясь на уроках, извлеченных из крупных катастроф, связанных с созданием и коммерциализацией новых терапевтических препаратов в США, Японии, Канаде и др. процесс разработки нового лекарственного средства или устройства был систематизирован, и безопасность стала основополагающим принципом. Безопасность оценивают как в ходе процесса разработки, так и на других этапах [43-45, 52].

Этапы разработки препарата

Доклиническое исследование: заключается в проведении тщательного тестирования на животных перед применением и подачей в FDA заявки на новый исследуемый препарат (IND). Большинство лекарств, которые проходят испытания на животных, не тестируются на людях.

Фаза I. Ее основная цель – определить фармакокинетику и фармакодинамику препарата и его безопасность. Обычно исследование проводят в группе из 20–80 здоровых добровольцев. Основным параметром для определения прогресса для этой фазы является доказательство безопасности (в основном отсутствие тяжелых токсических эффектов).

Фаза II. Ее основная цель – получение предварительных сведений об эффективности лекарства для данной популяции. Обычно исследование проводится в группе пациентов, численность которых может составлять от дюжины до 300 человек. Исследование должно быть контролируемым. Популяцию пациентов, получающую новый изучаемый препарат, необходимо сравнивать с контрольной популяцией, получающей либо плацебо, либо любое доступное стандартное лекарство. На этом этапе продолжается оценка безопасности препарата

и краткосрочных побочных эффектов.

Фаза III. Если в исследованиях фазы II будут представлены доказательства эффективности, то процесс может быть продолжен до фазы III. Основной целью этого этапа является оценка эффективности и безопасности. С этой целью следует оценить большую исследуемую популяцию и имитировать условия «реальной жизни», чтобы оценить поведение препарата при введении в разных дозах в гетерогенных популяциях или сравнить со стандартом оказания медицинской помощи. Число пациентов может варьировать от нескольких сотен до 3000–10 000.

Фаза IV. Эта фаза также известна как постмаркетинговое обследование. Оно проводится после одобрения FDA и выпуска на рынок. Постмаркетинговый надзор и исследования приверженности позволяют FDA собирать дополнительную информацию о безопасности, эффективности и профиле переносимости любого данного препарата [46–48].

Обсуждение. Современное понимание клинических исследований как научного и одновременно социального института неизбежно требует не только оценки их эффективности и безопасности, но и глубокого этико-правового осмысления. Проанализированная в статье историческая эволюция этих исследований демонстрирует, что прогресс в данной области тесно связан с реакцией общества на масштабные медицинские катастрофы и массовые нарушения прав человека. Примеры сульфаниламидной трагедии 1937 г., кризиса с Талидомидом и исследования Таскиги убедительно доказывают, что без надлежащей нормативной базы и независимого контроля даже самые передовые научные инициативы могут привести к катастрофическим последствиям. Эти события стали катализаторами создания и развития международных стандартов биоэтики, воплощенных в таких документах, как Нюрнбергский кодекс, Хельсинкская декларация и Белмонтский отчет [49].

Принятие Нюрнбергского кодекса в 1947 г. явилось первой попыткой институционализировать этические нормы в медицинских экспериментах, однако его положения носили рекомендательный характер и не имели юридической силы. В 1964 г. была принята Хельсинкская декларация, разработанная Всемирной медицинской ассоциацией в соответствии с нормами международного права, которая стала фундамен-

ным документом в области этики клинических исследований. В отличие от Нюрнбергского кодекса, ориентированного преимущественно на судебное преследование преступлений военного времени, Хельсинкская декларация систематизировала и расширила этические принципы, применимые к современной научной практике. Она закрепила необходимость получения добровольного информированного согласия участников, требование предварительного научного обоснования исследований и принцип минимизации рисков для испытуемых. Декларация также установила приоритет благополучия пациента над интересами науки и общества, что стало ключевым принципом последующего регулирования клинических испытаний [50].

Особое внимание в статье уделено трансформации принципов этической регуляции: от декларативных форм начала XX века до детализированных процедур с обязательным информированным согласием, институциональными наблюдательными советами (IRB) и неукоснительной публикацией результатов. Такая эволюция нормативных подходов обусловлена не только необходимостью повышения доверия к медицине, но и изменением самой парадигмы научного исследования. Участники исследования все чаще рассматривают не как объект наблюдения, а как субъект с автономными правами, чья безопасность и достоинство становятся приоритетом [51].

Не менее значимым является рассмотрение в статье вызовов, с которыми сталкиваются современные клинические исследования в эпоху стремительного технологического прогресса. Генетические и биоинженерные технологии, персонализированная медицина, использование искусственного интеллекта и большой объем данных радикально трансформируют как методологические, так и этические контексты исследований, так как возникает проблема сохранения персональных данных, главным образом о состоянии здоровья. Цифровизация не означает того, что исключаются ошибки, поэтому всесторонний анализ проводимых клинических исследований является частью процесса этих испытаний. Возникает необходимость разработки новых механизмов регулирования, способных оперативно адаптироваться к возникающим рискам, включая непредсказуемые побочные эффекты и нарушения конфиденциальности. Особое значение в этой связи приоб-

ретает концепция «этической прозрачности» (термин, принятый в области фармацевтических разработок), предполагающая открытость методологии, доступ к информации для участников и соблюдение принципа справедливости, особенно в исследованиях, проводимых в уязвимых популяциях [52–54].

Исторический анализ, представленный в данной работе, подчеркнул неизменную актуальность вопроса равномерного распределения выгод и рисков исследований между всеми социальными группами. Например, вовлечение маргинальных групп в качестве испытуемых без предоставления им реальной возможности извлечь пользу из возможных рисков нарушает принцип социальной справедливости и требует отдельного внимания как со стороны исследователей, так и регуляторов. В этом контексте оказалось особенно ценным последнее обновление Хельсинкской декларации (2024), которое акцентирует внимание на участии сообществ, защите уязвимых групп и справедливом распределении ресурсов [55–58].

Заключение. История клинических исследований демонстрирует сложный путь от ранних попыток научного познания к формированию строгих международных стандартов биоэтики и регулирования. Опыт глобальных катастроф выявил существенные недостатки в защите прав участников медицинских исследований и стал основой для пересмотра этических и правовых норм. Развитие регуляторной системы потребовало внедрения новых принципов проведения клинических испытаний, ориентированных не только на научную ценность исследований, но и на соблюдение прав человека.

Совершенствование системы контроля за медицинскими исследованиями сопровождалось развитием стандартов клинических испытаний лекарственных препаратов. Современная система клинических исследований включает четыре основных фазы, каждая из которых направлена на последовательную проверку безопасности и эффективности новых лекарственных средств. Клинические исследования затрагивают, как правило, фармакологическую сферу, так как имеют непосредственное воздействие на человека как биосубъект, что может повлечь за собой непредсказуемый и ментальный эффект. Испытания медицинских изделий, лабораторные методики имеют свои особенности, но основное отличие от исследо-

вания лекарственных препаратов – это отсутствие рисков осложнений. Систематическое внедрение этапов клинических исследований позволило минимизировать риски, связанные с использованием новых препаратов, и обеспечило высокий уровень защиты пациентов.

Современные принципы клинических исследований основываются на сбалансированном подходе, сочетающем научную значимость и защиту прав участников. Несмотря на прогресс

в регулировании, новые вызовы продолжают возникать в связи с развитием биотехнологий, геной инженерии и персонализированной медицины. В этом контексте обеспечение этической прозрачности и соблюдение международных стандартов остаются приоритетными задачами научного сообщества, поскольку только комплексный подход может гарантировать безопасность, эффективность и справедливость медицинских исследований в будущем.

Сведения об авторах:

Голубева Анна Викторовна – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории гемотрансфузионных технологий, Российский научно-исследовательский институт гематологии и трансфузиологии Федерального медико-биологического агентства; 191024, Санкт-Петербург, 2-я Советская ул., д. 16; ORCID: 0009-0000-2310-8821; e-mail: golubevaa_md@mail.ru

Щапова (Коваленко) Ангелина Юрьевна – лаборант-исследователь научно-исследовательской лаборатории иммуногенетики и диагностики иммунологических конфликтов, Российский научно-исследовательский институт гематологии и трансфузиологии Федерального медико-биологического агентства; 191024, Санкт-Петербург, 2-я Советская ул., д. 16; ORCID: 0009-0009-4435-5755; e-mail: kovalencko.angelina2014@yandex.ru

Information about the authors:

Anna V. Golubeva – Cand. of Sci. (Med.), Senior Research Fellow of scientific Research Laboratory of Hemotransfusion Technologies of Russian Research Institute of Hematology and Transfusiology of the Federal Medical and Biological Agency of Russia; 191024, Saint-Petersburg, 2nd Soviet Str., 16; ORCID: 0009-0000-2310-8821; e-mail: golubevaa_md@mail.ru

Angelina Yu. Kovalenko – Research Assistant of scientific Research Laboratory of Immunogenetics and Diagnostics of Immunological Conflicts of Russian Research Institute of Hematology and Transfusiology of the Federal Medical and Biological Agency of Russia; 191024, Saint-Petersburg, 2nd Soviet Str., 16; ORCID: 0009-0009-4435-5755; e-mail: kovalencko.angelina2014@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 — А. В. Голубева; сбор и критический анализ данных — А. Ю. Коваленко; подготовка рукописи — А. В. Голубева, А. Ю. Коваленко.

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

Special contribution: AVG the concept and research plan. AYUK data collection and critical analysis. AVG, AYUK 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: 10.10.2025
Принята к печати/Accepted: 15.03.2026
Опубликована/Published: 30.03.2026

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Nellhaus E. M., Davies T. H. Evolution of Clinical Trials throughout History. *Perspectives in Clinical Research*, 2011, Vol. 2, Iss. 2, p. 72.
2. Lachin J. M., Matts J. P., Wei L. J. Randomization in clinical trials: Conclusions and Recommendations. *Controlled Clinical Trials*, 1988, Vol. 9, No. 4, pp. 365–374.
3. Georgetown Law Library staff. Food, Drug, and Cosmetic Law Research Guide. FDA. PMA Historical Background. Updated Apr. 2009, 26.
4. The Nuremberg Code and the Nuremberg Trial: A Reappraisal. *JAMA*, 1996, Vol. 276, No. 20, pp. 27.
5. O'Reilly J. Jurisdiction to decide an agency's own jurisdiction: The forgotten tale of the Hynson quartet. *Administrative Law Review*, 2006, Vol. 58, No. 4, pp. 829–843.
6. Emanuel E. J., Miller F. G. The Ethics of Research on Human Subjects: A Case-based Approach. *New Engl. J. Med.*, 2001, Vol. 345, No. 15, pp. 1135–1139. doi: 10.1056/NEJM200110113451507.
7. Miller F. G., Brody H. A critique of the declaration of Helsinki. *New Engl. J. Med.*, 2003, Vol. 348, No. 21, pp. 2070–2074.

8. Dyer C. WMA Updates Declaration of Helsinki on Medical Research Involving Human Subjects. *British Medical Journal*, 2013, p. 347.
9. Bull J. P. A study of the history and principles of clinical therapeutic trials. Ph. D. thesis, Univ. of Cambridge, UK, 1951.
10. Medical Research Council. Streptomycin treatment of pulmonary tuberculosis. *Br. Med. J.* 1948, Vol. 2, pp. 769–782.
11. Reverby S. M. Listening to narratives from the Tuskegee syphilis study. *Lancet*, 2011, Vol. 377, No. 9778, pp. 1646–1647.
12. Corbie-Smith G., Thomas S. B., Williams M. V., Moody-Ayers S. Attitudes and beliefs of African Americans towards participating in medical research. *J. Gen. Intern. Med.*, 1999, Vol. 14, No. 9, pp. 537–546.
13. Azeka E., Fregni F., Oler Jr J. The Past, Present, and Future of Clinical Research. *Clinics*, 2011, Vol. 66, Suppl. 1, pp. 9312.
14. Braunstein J. B., McKinney W. M., Zuckerman R. H., Cowan M. S., Lubitz J. D., Anderson G. F. Race, Medical Researcher Distrust, Perceived Harm, and Willingness to Participate in Cardiovascular Prevention Trials. *Medicine*, 2008, Vol. 87, No. 1, pp. 1–9.
15. Caldwell J. G., Price E. V., Jackson B. A., Beckwith W. B., Dowse R. C., Adams R. L. Aortic Regurgitation in the Tuskegee Study of Untreated Syphilis. *Journal of Chronic Diseases*, 1973, Vol. 26, No. 3, pp. 187–194.
16. Hiltner S. The Tuskegee Syphilis Study under review. *Christian Century*, 1973, Vol. 90, No. 43, pp. 174–1176.
17. Burley D. M., Dennison T. C., Harrison W. Clinical Experience With a New Sedative Drug. *Practitioner*, 1959, Vol. 183, pp. 57–61.
18. Lasagna L. Thalidomide: A New Nonbarbiturate Sleep Inducing Drug. *Journal of Chronic Diseases*, 1960, Vol. 11, No. 2, pp. 627–631.
19. Ghoreishi K. Thalidomine. In: *Encyclopedia of Toxicology*. Ed. by Paul Bossert. Burlington (VT): Academic Press, 2014, pp. 523–526.
20. Rice E. Dr. Frances Kelsey. Turning the Thalidomide Tragedy Into Food and Drug Administration Reform. Praeger Publishers, Westport CT, USA, 2007, 800 pp.
21. Kelsey F. O. Inside Story of a Medical Tragedy. *U.S. News & World Report*, 1962, Vol. 53, No. 13, pp. 54–55.
22. Fullerton P. M., Kremer M. Neuropathy After Intake of Thalidomide (Distaval). *British Medical Journal*, 1961, Vol. 2, No. 5256, pp. 855–858.
23. Mintz M. By Prescription Only. Second Edition. Boston: Houghton Mifflin Company, 1967, 20 p.
24. Cuerda-Galindo E., Sierra-Valenti X., González-López E., López-Muñoz F. Syphilis and Human Experimentation From World War II to the Present: A Historical Perspective and Reflections on Ethics. *Actas Dermo-Sifiliográficas*, 2014, Vol. 105, No. 9, pp. 847–853.
25. Jones J. Bad Blood: The Tuskegee Syphilis Experiment – a Tragedy of Race and Medicine. The Free Press, New York, NY, USA, 1981.
26. Gjestland T. The Oslo Study of Untreated Syphilis; An Epidemiological Investigation of the Natural Course of the Syphilitic Infection Based Upon a Restudy of the Boeck-Bruusgaard Material. *Acta Dermato-Venereologica*, 1955, Vol. 35, Suppl. 34, pp. 3–368.
27. Heller J. Syphilis Victims in U.S. Study Went Untreated for 40 Years: Syphilis Victims Got No Therapy. Associated Press: New York Times, 1972.
28. Carmack H. J., Bates B. R., Harter L. M. Narrative Constructions of Health Care Issues and Policies: The Case of President Clinton's Apology-by-Proxy for the Tuskegee Syphilis Experiment. *Journal of Medical Humanities*, 2008, Vol. 29, No 2, pp. 89–109.
29. Edmundson W. F., Ackerman J. H., Gutierrez-Salinas E. Study of the TPI Test in Clinical Syphilis. Part I: Untreated Early Symptomatic Syphilis. *Acta Dermato-Venereologica*, 1954, Vol. 70, №. 3, pp. 298–301.
30. Olansky S., Simpson L., Schuman S. H. Environmental Factors in the Tuskegee Study of Untreated Syphilis. *Public Health Rep.*, 1954, Vol. 69, No 7, pp. 691–698.
31. Peters J. J., Peers J. H., Olansky S. Untreated Syphilis in the Male Negro: Pathologic Findings in Syphilitic and Non-syphilitic Patients. *Journal of Chronic Diseases*, 1955, Vol. 1, Suppl. 2, pp. 127–148.
32. Schuman S. H., Olansky S., Rivers E. Untreated Syphilis in the Male Negro: Background and Current Status of Patients in the Tuskegee Study. *Journal of Chronic Diseases*, 1955, Vol. 2, No. 5, pp. 543–558.
33. Katz R. V., Kegeles S. S., Kressin N. R. The Tuskegee Legacy Project: Willingness of Minorities to Participate in Biomedical Research. *Journal of Health Care for the Poor and Underserved*, 2006, Vol. 17, No. 4, pp. 698–715.
34. Yoon C. Families emerge as silent victims of Tuskegee syphilis experiment. Associated Press: New York Times, 1997.
35. Stuart H. History of Medical Ethics. Oxford: Elsevier, 1998, Vol. 3, pp. 165–175.
36. Van Valey T. Ethical Guidelines and Codes of Conduct in Social and Behavioral Research. Oxford: Elsevier, 2015, pp. 37–43.
37. Weindling P. Nazi Medicine and the Nuremberg Trials. New York: Palgrave Macmillan, 2004.
38. Lopez-Munoz F., Alamo C., Garcia-Garcia P. The Role of Psychopharmacology in the Medical Abuses of the Third Reich: From Euthanasia Programmes to Human Experimentation. *Brain Res. Bull.*, 2008, Vol. 77, No. 6, pp. 388–403.
39. Roelcke V. Nazi Medicine and Research on Human Beings. *Lancet*, 2004, Vol. 364, Suppl. 1, pp. 6–7.
40. Roelcke V., Maio G. Twentieth-Century Ethics of Human Subjects Research. Stuttgart: Franz Steiner Verlag, 2004.
41. Guraya S. Y., London N. J. M., Guraya S. S. Ethics in Medical Research. *J. Microsc. Ultrastruct.*, 2014, Vol. 2, Supl. 4, pp. 121–126.
42. Lenz W., Knapp K. Thalidomide Embryopathy. *Archives of Environmental & Occupational Health*, 1962, Vol. 5, pp. 100–105.
43. National Institutes of Health. RFA-RM-07-007: Institutional Clinical and Translational Science Award (U54). 2007.
44. NIH. A Short History of the National Institutes of Health, History of Drug Regulation in the United States, 1906–2006. FDA, 2012, pp. 3.

45. United States Holocaust Memorial Museum. The Doctors Trial: The Medical Case of the Subsequent Nuremberg Proceedings. Washington, DC, USA, 2012.
46. World Medical Association. Declaration of Helsinki – Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects, 2018.
47. Grady C. Institutional Review Boards: Purpose and Challenges. *Chest*, 2015, Vol. 148, No. 5, pp. 1148–1155. doi:10.1378/chest.15-0706.
48. US Government Accountability Office. Federal Control of New Drug Testing Is Not Adequately Protecting Human Test Subjects and the Public. HRD-76–96, 1976.
49. ICH E6 (R2). Integrated Addendum to ICH E6(R1): Guideline for Good Clinical Practice. 2016.
50. European Commission. Directive 2001/20/EC, Clinical Trials. Official Journal of the European Union, 2001.
51. ISO 14155:2011. Clinical Investigation of Medical Devices for Human Subjects – Good Clinical Practice. Geneva: International Organization for Standardization, 2011.
52. Human Subject Protection; Foreign Clinical Studies Not Conducted Under an Investigational New Drug Application – Proposed Rule. Government Publishing Office: Federal Register, 2004, Vol. 69, pp. 112–114.
53. Rules and Regulations, Human Subject Protection; Foreign Clinical Studies Not Conducted Under an Investigational New Drug Application, Final Rule. Government Publishing Office: Federal Register, 2008, Vol. 73, p. 82.
54. World Health Organization. Handbook for Good Clinical Research Practice, 2005. ISBN 92 4 159392 X.

СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА ОСОБЕННОСТИ АКТИВАЦИИ В-ЛИМФОЦИТОВ И СИНТЕЗ АНТИТЕЛ

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

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

ЦЕЛЬ. Изучить отечественную и зарубежную литературу, отражающую механизмы активации, пролиферации В-лимфоцитов и синтеза антител.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Изучена отечественная и зарубежная научная литература за период 1956–2024 гг. в базах цитирования PubMed, Scopus, eLibrary.ru, Web of Science, Cochrane Library, КиберЛенинка по ключевым словам: дифференцировка В-лимфоцитов, синтез иммуноглобулинов в различной комбинации. В анализ включено 63 статьи.

РЕЗУЛЬТАТЫ. При гуморальном иммунном ответе В-лимфоциты активируются антигеном и секретируют антитела, нейтрализующие антиген. Как белковые, так и небелковые антигены могут стимулировать синтез антител. Реакция В-клеток на белковые антигены требует участия CD4⁺ Т-клеток, специфичных к данному антигену. Зависимые от Т-хелперов ответы В-клеток на белковые антигены требуют первоначальной независимой активации наивных Т-клеток в Т-клеточных зонах и В-клеток в лимфоидных фолликулах лимфоидных органов, каждая из которых специфична для своей части одного и того же белкового антигена. В-клетка, распознающая конформационный эпитоп нативного белкового антигена, усваивает белок, обрабатывает его и представляет пептид, полученный из этого белка, молекулами главного комплекса гистосовместимости II класса для распознавания Т-хелперами.

ОБСУЖДЕНИЕ. Активированные Т-хелперы экспрессируют CD40L, взаимодействующий с CD40 В-лимфоцитов. Кроме того, Т-хелперы секретируют цитокины, связывающиеся с профильными цитокиновыми рецепторами В-клеток. Комбинация сигналов CD40 и цитокинов стимулирует пролиферацию и дифференцировку В-клеток. Стимуляция активированных В-клеток в экстрафолликулярных зонах Т-хелперов приводит к образованию экстрафолликулярных очагов, где осуществляется переключение изотипов иммуноглобулинов и образуются короткоживущие плазматические клетки. Часть активированных Т-хелперов дифференцируется в специализированные Т-фолликулярные вспомогательные клетки, экспрессирующие высокие уровни индуцируемых костимуляторов, и секретирует IL-21. Активированные В-клетки мигрируют в фолликул, где происходит синтез антител.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Активация В-лимфоцитов и секреция иммуноглобулинов – сложный и многогранный процесс, в котором принимают участие многие гуморальные и клеточные факторы, относящиеся как к врожденному, так и к адаптивному иммунитету.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, аффинность, гены, иммуноглобулины, лимфоциты, цитокины, главный комплекс гистосовместимости, адаптивный иммунитет

*Для корреспонденции: Москалев Александр Витальевич, e-mail: alextav195223@yandex.ru

*For correspondence: Alexander V. Moskaev, e-mail: alextav195223@yandex.ru

Для цитирования: Москалев А. В., Апчел В. Я., Апчел А. В. Современный взгляд на особенности активации В-лимфоцитов и синтез антител // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 1. С. 44–61,

EDN: <https://elibrary.ru/DMKPVE>

For citation: Moskaev A. V., Apchel V. Ya., Apchel A. V. Modern take on B-lymphocyte activation and antibody synthesis // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 1. P. 44–61, EDN: <https://elibrary.ru/DMKPVE>

© 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>

MODERN TAKE ON B-LYMPHOCYTE ACTIVATION AND ANTIBODY SYNTHESIS

¹Alexander V. Moskalev*, ^{1,2}Vasily Ya. Apchel, ³Andrey V. Apchel

¹Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

²Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, Russia

³Esteprema Limited Liability Company, Saint Petersburg, Russia

OBJECTIVE. To study domestic and foreign literature reflecting the mechanisms of activation, proliferation of B-lymphocytes and antibody synthesis.

MATERIALS AND METHODS. A review of Russian and international scientific literature from 1956 to 2024 was conducted in the following citation databases: PubMed, Scopus, eLibrary.ru, Web of Science, Cochrane Library, and CyberLeninka using the keywords: B-lymphocyte differentiation, immunoglobulin synthesis in various combinations. A total of 63 articles were included in the analysis.

RESULTA. In the humoral immune response, B lymphocytes are activated by an antigen and secrete antibodies that neutralize the antigen. Both protein and non-protein antigens can stimulate antibody synthesis. B cell responses to protein antigens require the participation of CD4⁺ T cells specific for the given antigen. T-helper-dependent B cell responses to protein antigens require the initial independent activation of naive T cells in T cell zones and B cells in lymphoid follicles of lymphoid organs, each specific for a different portion of the same protein antigen. A B cell recognizing a conformational epitope of a native protein antigen absorbs protein, processes it, and presents a peptide derived from this protein to major histocompatibility complex class II molecules for recognition by T-helper cells.

DISCUSSION. Activated T helper cells express CD40L, which interacts with CD40 on B lymphocytes. Additionally, T helper cells secrete cytokines that bind to B cell cytokine receptors. The combination of CD40 and cytokine signals stimulates B cell proliferation and differentiation. Stimulation of activated B cells in extrafollicular zones of T helper cells causes the formation of extrafollicular foci, where immunoglobulin isotype switching occurs and short-lived plasma cells are formed. Some activated T helper cells differentiate into specialized T follicular helper cells, which express high levels of inducible costimulators and secrete IL-21. Activated B cells migrate to the follicle, where antibody synthesis occurs.

CONCLUSION. Activation of B-lymphocytes and secretion of immunoglobulins is a complex and multifaceted process involving many humoral and cellular factors related to both innate and adaptive immunity.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, affinity, genes, immunoglobulins, lymphocytes, cytokines, major histocompatibility complex, adaptive immunity

Введение. Известно, что активация В-клеток приводит к их пролиферации и последующей дифференцировке в плазматические клетки, секретирующие антитела, и клетки памяти. Гуморальные иммунные реакции инициируются специфическим распознаванием антигена В-клетками во вторичных лимфоидных органах. Антиген, связываясь с мембранными иммуноглобулинами (Ig) М и IgD зрелых, наивных В-клеток, генерирует сигналы, необходимые для их пролиферации и дифференцировки в плазматические клетки. Один В-лимфоцит в течение недели образует до 5 тыс. лимфоцитов, секретирующих антитела, каждый лимфоцит может секретировать около 2 тыс. молекул антител в секунду. Такое разрастание клеток и поразительная скорость секреции антител необходимы для того, чтобы нейтрализовать быстро размножающиеся микроорганизмы. Понятно, что все эти известные механизмы состоят из множества «интимных» механизмов, которые до недавнего времени были неизвест-

ны. Поэтому рассмотрение современных данных о механизмах активации В-лимфоцитов и секреции антител имеет большое научное значение для понимания этих сложнейших механизмов.

Цель. Изучить отечественную и зарубежную литературу, отражающую механизмы активации, пролиферации В-лимфоцитов и синтеза антител.

Материалы и методы. Изучена отечественная и зарубежная научная литература за период 1956–2024 гг. в базах цитирования PubMed, Scopus, eLibrary.ru, Web of Science, Cochrane Library, КиберЛенинка с использованием ключевых слов: дифференцировка В-лимфоцитов, синтез иммуноглобулинов в различной комбинации. В анализ включено 63 статьи.

Результаты. В-лимфоциты реагируют как на Т-зависимые, так и на Т-независимые антигены. Большинство реакций на белковые антигены требуют помощи Т-хелперов (Th), которые стимулируют секрецию долгоживущих

плазматических клеток и В-клеток памяти. Мультивалентные антигены с повторяющимися детерминантами активируют В-клетки без участия Th. Т-независимые реакции являются быстрыми, простыми, их результатом может быть преимущественный синтез низкоаффинных антител IgM, в то время как Т-зависимые реакции развиваются медленнее, но приводят к образованию более стойких, высокоаффинных антител, которые обычно относятся к изотипам IgG, IgA или IgE [1, 2].

Субпопуляции В-лимфоцитов реагируют на различные типы антигенов. Так, фолликулярные В-клетки во вторичных лимфоидных органах секретируют преимущественно антитела к белковым антигенам, а В-клетки маргинальной зоны селезенки (МЗС) – В-1-клетки слизистых оболочек и брюшины, распознающие многовалентные антигены к полисахаридным антигенам. Эти предпочтения не являются абсолютными. Так, некоторые В-клетки МЗС участвуют в Т-зависимых реакциях, а некоторые фолликулярные В-клетки могут осуществлять Т-независимые реакции. Особенности развития иммунного ответа (ИО) на чужеродные антигены зависят от их природы, размера и путей поступления в лимфоцит [3].

Большинство антигенов транспортируются в лимфатические узлы по афферентным лимфатическим сосудам, впадающим в субкапсулярный синус узлов. Растворимые антигены массой менее 70 кДа достигают В-клеточной зоны по каналам, проходящим между субкапсулярным синусом и нижележащими фолликулами. В некоторых случаях небольшие антигены могут проникать в фолликулы путем диффузии. Субкапсулярные синусовые макрофаги захватывают крупные микробы, комплексы антиген – антитело и доставляют их в фолликулы. Антигены в иммунных комплексах, попадающих в селезенку, могут связываться с рецепторами комплемента 2-го типа (*complement receptor type 2* — CR2) и рецептором CD21 В-лимфоцитов МЗС, которые их транспортируют к фолликулярным В-клеткам. Рециркулирующие фолликулярные В-клетки также могут захватывать антигены через CR2 и доставлять их в фолликулы, где они также связываются с рецепторами CR2 или FcIgG на поверхности фолликулярных дендритных клеток (*follicular dendritic cells* — FDC). А затем эти антигены устойчиво (от нескольких дней

до недель) представляются антигенспецифическим В-клеткам. Полисахаридные антигены могут захватываться макрофагами в краевой зоне лимфоидных фолликулов селезенки и представляться там В-лимфоцитам [4, 5].

Как правило, представленный В-лимфоцитам антиген находится в интактной форме и не обрабатывается антигенпрезентирующими клетками. Это одно из важнейших различий между вариантами антигенов, распознаваемых В- и Т-лимфоцитами. Хотя в экспериментальных моделях описано представление антигена макрофагами подкапсулярного синуса, макрофагами МЗС и дендритными клетками (ДК) медуллярного слоя лимфатических узлов В-лимфоцитам, однако в этих процессах многое остается неясным [6].

Комплекс В-клеточных рецепторов (BCR) зрелых В-клеток состоит из мембранных молекул Ig, связывающих антигены и связанных с ними белков *Iga* и *Igβ*, передающих сигналы активации В-лимфоцитам. Комплекс BCR играет две ключевые роли в активации В-клеток. Во-первых, связывание антигена с рецептором инициирует биохимические сигналы активации В-лимфоцитов. Передача сигналов мультивалентными Т-независимыми антигенами более стабильна, чем Т-зависимыми белковыми антигенами. Антиген-индуцированные биохимические сигналы инициируются опосредованным киназами семейства SRC фосфорилированием тирозинов *Iga* и *Igβ*, основанном на активации иммунорецепторных тирозиновых мотивов (*the immunoreceptor tyrosine-based activation motif* — ITAM), с последующим привлечением и активацией нерецепторной киназы SYK. Во-вторых, BCR интернализует связанный антиген в эндосомальные везикулы и, если антиген является белком, он перерабатывается в пептиды, которые могут быть представлены молекулами главного комплекса гистосовместимости II класса (*major histocompatibility complex* — МНС) В-лимфоцитов для распознавания Th. Однако, хотя распознавание антигена и может инициировать активацию В-клеток, но этого обычно недостаточно для стимуляции пролиферации и дифференцировки значительной части популяции В-клеток, даже Т-независимыми антигенами. Для того чтобы вызвать полноценный ИО с участием BCR необходимы другие стимулы, включающие белки системы комплемента, рецепторы распознавания образов и, в случае белковых антигенов, Th [7, 8].

В активации В-клеток участвует корецептор CR2 В-лимфоцитов, распознающий фрагменты комплемента, ковалентно присоединенные к антигену или входящие в состав иммунных комплексов. Этот рецептор экспрессируют фолликулярные В-лимфоциты и В-клетки МЗС, причем уровни экспрессии CR2 В-клетками МЗС значительно выше. При активации системы комплемента образуется фрагмент C3d, который распознает CR2, что усиливает передачу сигналов BCR. Антигены микробов, взаимодействуя с Toll-подобными рецепторами (*toll like receptors* — TLR), экспрессируемые В-лимфоцитами, также усиливают активацию В-клеток. В-лимфоциты человека экспрессируют TLR5, распознающий бактериальный флагеллин; эндосомальный TLR7 распознает одноцепочечную вирусную рибонуклеиновую кислоту (РНК); а TLR9 специфичен для неметилованных цитозин-фосфат-гуанин-дезоксинуклеиновокислотных (CpG-ДНК) мотивов в эндосомах. Кроме того, активация миелоидных клеток с помощью рецепторов распознавания образов может косвенно способствовать активации В-клеток. Активированные миелоидные клетки экспрессируют лиганд, индуцирующий пролиферацию (*a proliferation-inducing ligand* — APRIL), фактор, активирующий В-клетки (*B cell-activating factor* — BAFF и цитокины, стимулирующие Т-независимые В-клеточные реакции [9, 10].

Взаимодействие различных типов антигенов с BCR по-разному инициирует пролиферацию и дифференцировку В-клеток. Сигналы от BCR поддерживают жизнедеятельность В-лимфоцитов, индуцируют изменения в экспрессии рецепторов хемокинов и стимулируют эндоцитоз антигенов (см. таблицу).

Так, большинство Т-независимых антигенов содержат множество идентичных эпитопов в каждой молекуле. Такие мультивалентные антигены эффективно сшивают BCR и инициируют ответные реакции, даже если они не распознаются Th. Напротив, глобулярные белки содержат только по одной копии каждого эпитопа на молекулу. Следовательно, такие белковые антигены не могут одновременно связываться с несколькими молекулами Ig и создавать перекрестные связи, а их способность активировать В-клетки ограничена. Обычно они не индуцируют сигналы, стимулирующие пролиферацию и дифференцировку В-клеток. Однако некоторые белковые антигены представляют собой многовалентные матрицы на поверхности микробов или клеток, и в этих случаях могут индуцировать пролиферацию и дифференцировку В-клеток [11–13].

Последующие этапы гуморального иммунного ответа после распознавания антигенов В-лимфоцитами значительно отличаются в Т-зависимых и Т-независимых реакциях. Сегодня известно, что в основе ИО лежит взаимодействие CD4⁺CD8[−]-лимфоцитов и В-клеток, в процессе которого происходит распознавание пептидных антигенов, представленных молекулами МНС II класса. Активированные CD4⁺-лимфоциты и В-клетки мигрируют навстречу друг другу и взаимодействуют на краях фолликулов, где индуцируется первоначальный синтез антител. Некоторые из активированных Т- и В-клеток мигрируют в фолликулы, образуют зародышевые центры, способствуя синтезу высокоспециализированных антител [14].

Частота встречаемости наивных В- и Т-клеток, специфичных к конкретному эпитопу антигена, составляет от 1 · 10⁵ до 1 · 10⁶ лимфоцитов.

Таблица

Влияние В-клеточного рецептора на биологические эффекты В-лимфоцитов

Table

Effects of B Cell Antigen Receptor Engagement on B Cells

Фенотипические изменения	Функциональные изменения
Повышенная экспрессия CCR7	Миграция в зону Т-клеток
Повышенная экспрессия костимуляторов В7	Повышенная способность активировать Т-хелперы
Повышенная экспрессия рецепторов к цитокинам, секретируемым Т-лимфоцитами	Повышенная чувствительность к сигналам Т-хелперов
Повышенная экспрессия антиапоптотических белков	Повышенная выживаемость В-лимфоцитов

Поэтому В- и Т-клетки должны найти друг друга, а затем взаимодействовать, чтобы генерировать сильные гуморальные реакции. Частично это достигается за счет регулируемого перемещения клеток после распознавания антигена. До встречи с антигеном наивные Т-клетки экспрессируют хемокиновый рецептор CCR7, который связывается с хемокинами CCL19 и CCL21, экспрессируемыми в Т-зонах. Наивные В-клетки остаются в фолликулах, так как экспрессируют CXCR5, который распознает CXCL13, экспрессируемый фолликулярными дендритными клетками и другими клетками в фолликулах. При активации CD4⁺-лимфоциты подавляют экспрессию CCR7 и увеличивают экспрессию CXCR5 и, как следствие, покидают зону Т-клеток и мигрируют в фолликул под влиянием хемокинового стимула CXCL13. В результате снижается экспрессия хемокинового рецептора CXCR5 и повышается CCR7. Эти клетки также активируют хемоаттрактантный рецептор EBI2, который реагирует на оксистероловые лиганды, образующиеся на границе фолликул – Т-зона. (EBI2 назван так потому, что был обнаружен как ген, индуцируемый вирусом Эпштейна–Барр — ВЭБ.) Активированные В-клетки таким образом мигрируют в зону Т-клеток под влиянием CCL21, основного лиганда для CCR7 и оксистеролов. Конечным результатом этих изменений является то, что активированные антигенами Т- и В-лимфоциты притягиваются друг к другу. Белковые антигены распознаются В-клетками и представляются в форме, удобной для распознавания Th, и это является следующим шагом в процессе активации Т- и В-клеток [15–18].

Пептиды, которые В-клетка представляет Th, являются теми же молекулами, которые первоначально активировали наивные CD4⁺-лимфоциты при их представлении дендритными клетками. Поскольку BCR специфических В-клеток распознает эпитоп нативного белка с высокой аффинностью, то они связывают этот антиген гораздо эффективнее (т. е. при гораздо более низких концентрациях), чем другие В-клетки, не специфичные к данному антигену. Следовательно, антигенспецифичные В-клетки гораздо эффективнее представляют пептиды, чем другие В-клетки, не экспрессирующие мембранные рецепторы к антигену и остаются в состоянии покоя [19].

Установлено, что в активации В-клеток на специфический белковый антиген участвуют

по меньшей мере два различных белковых эпитопа: поверхностный эпитоп нативного белка, который распознается В-клетками с высокой специфичностью; и линейный пептидный эпитоп, который может находиться в любой части интактного белка. Белок, который впоследствии высвобождается в результате протеолиза, связывается с молекулами МНС II класса и распознается Th. Антитела, которые в конечном итоге секретируются, обычно специфичны к конформационным детерминантам нативного антигена. Экспрессируемые В-лимфоцитами мембранные Ig распознают и связывают конформационные эпитопы белков. Именно эта особенность распознавания антигена В-клетками определяет высокую специфичность реакции антител и не зависит от того факта, что Th распознают только линейные эпитопы экспрессируемых пептидов. Фактически один В-лимфоцит, специфичный для нативного эпитопа, может связывать и эндоцитозировать белок, а также представлять множество различных пептидов, связанных с молекулами МНС II класса, различным Th, но суммарный ответ антител остается специфичным для конкретного нативного белка [20].

При активации Th экспрессируют лиганд CD40 (CD40L), который взаимодействует со своим рецептором CD40 В-клеток, стимулированных антигеном, и индуцирует пролиферацию и дифференцировку В-клеток сначала в экстрафолликулярных очагах, а затем в зародышевых центрах. CD40 является членом суперсемейства рецепторов фактора некроза опухоли (*tumor necrosis factor* — TNF). А CD40L (CD154) представляет собой тримерный мембранный белок, гомологичный TNF. CD40 конститутивно экспрессируется В-лимфоцитами, а CD40L — активированными Th. Таким образом, активированные Th взаимодействуют с В-клетками, что приводит к конформационным изменениям предварительно сформированных тримеров CD40 и стимулирует ассоциацию цитозольных белков, ассоциированных с рецепторами TNF (TRAFs). В итоге TRAF активируют каскад ферментов, которые приводят к активации и ядерной транслокации факторов транскрипции, включая ядерный фактор κB (*nuclear factor-κB* — NF-κB) и белок-активатор 1 (*activator protein 1* — API-1), которые в совокупности стимулируют пролиферацию В-клеток и усиливают синтез и секрецию Ig.

Аналогичные сигнальные пути активируются рецепторами TNF. Сигналы, индуцируемые CD40, имеют решающее значение для последующих реакций зародышевого центра. Кроме того, активация ДК и макрофагов, опосредованная Т-клетками, включает взаимодействие CD40L активированных Th с CD40 на ДК и макрофагах [21–23].

Мутации в гене CD40L приводят к развитию X-сцепленного гипер-IgM-синдрома, заболеванию, для которого характерны дефекты в выработке антител, в частности, в переключении изотипов, формировании аффинности и несостоятельности клеточного иммунитета. Аналогичные аномалии наблюдаются у мышей с нокаутом генов CD40 или CD40L. Интересно, что ВЭБ, контаминирующий В-клетки человека, вызывает их пролиферацию, что приводит к иммортализации клеток и развитию лимфом. N-концевой цитоплазматический остаток скрытого латентного мембранного белка 1 (*latent membrane protein 1* — LMP1) ВЭБ ассоциируется с теми же молекулами TRAF, что и цитоплазматический домен CD40, и это, по-видимому, запускает пролиферацию В-клеток. Таким образом, LMP1 EBV функционально гомологичен физиологической сигнальной молекуле В-клеток, и EBV, по-видимому, использует нормальный путь активации В-лимфоцитов для выживания и пролиферации клеток, в которых вирус может реплицироваться. Кроме того, Th секретируют цитокины, способствующие пролиферации и дифференцировке В-лимфоцитам зародышевого центра на ранних стадиях. Однако не установлено, какова действительно роль этих цитокинов в данных реакциях [24–27].

Т-зависимая активация В-клеток в экстрафолликулярных очагах приводит к раннему синтезу низкоаффинных антител на белковые антигены, запускает последующие реакции зародышевого центра и ограничивает распространение инфекции. Каждый такой очаг может образовывать от 100 до 200 плазматических клеток, секретирующих антитела. В селезенке экстрафолликулярные очаги формируются во внешних частях богатой Т-клетками периапериартериальной лимфоидной оболочки (periarteriolar lymphoid sheath — PALS) или между зоной Т-клеток и красной пульпой. Эти скопления клеток также являются очагами PALS. Аналогичные Т-зависимые очаги на-

блюдаются в мозговых тяжах лимфатических узлов [28].

У активируемых Th В-клеток во внефолликулярных очагах происходит изменение изотипа. Клетки внефолликулярных очагов, секретирующие антитела, включая плазмобласты и тканевые плазматические клетки, в основном недолговечны, и они не могут мигрировать в отдаленные участки, такие как костный мозг. Во вторичных лимфоидных органах плазмобласты снижают активность CXCR5 и CCR7, повышают активность CXCR4 и мигрируют в красную пульпу селезенки или лимфатические узлы в ответ на взаимодействие CXCR4 с лигандом CXCL12 [29].

Некоторые В-лимфоциты, активированные на границе фолликул — Т-зона, становятся предшественниками В-клеток зародышевого центра. FDC секретируют CXCL13, который привлекает небольшое количество (от нескольких до 100) таких клеток. Эти клетки-предшественники снижают уровень EBV2 (*Epstein-Barr virus-induced gene 2*) и повышают уровень рецепторов, способствующих их удержанию в центре фолликула, и инициируют реакции зародышевого центра. Экстрафолликулярный ответ также способствует образованию Т-фолликулярных хелперных клеток (Tfh), мигрирующих в фолликул, и необходимых для формирования зародышевого центра. В течение 4–7 дней после воздействия антигена активированные антигенспецифические В-клетки вне фолликула индуцируют дифференцировку ранее активированных Т-клеток в Tfh. Сами Tfh экспрессируют высокие уровни CXCR5 и попадают в лимфоидные фолликулы с помощью CXCL13, лиганда для CXCR5. Кроме CXCR5, Tfh экспрессируют индуцируемый коstimулятор (*inducible costimulator* — ICOS), белок программируемой клеточной гибели-1, IL-21 и фактор транскрипции BCL-6. Фенотип Tfh отличается от фенотипа Th1, Th2 и Th17 эффекторных Т-клеток [30, 31].

Дифференцировка Tfh-клеток включает первоначальную активацию антигенпрезентирующими ДК и последующую активацию В-клетками. Дифференцировка в Th1, Th2, Th17 или в Tfh частично зависит от силы первоначального взаимодействия между комплексом МНС II класса-пептид, ДК и TCR наивных CD4⁺Т-клеток. Сильная активация TCR с помощью ДК обеспечивает преимущественную диф-

ференцировку в Tfh, стимулирует экспрессию транскрипционного репрессора BCL-6 и снижает уровни α -цепи рецептора IL-2 (IL-2R). Эта начальная экспрессия BCL6 в сочетании со слабой передачей сигналов IL-2R ингибирует дифференцировку клеток в Th1, Th2 или Th17. Некоторые из этих активированных Т-клеток начинают экспрессировать CXCR5 и для их окончательной дифференцировки в Tfh-клетки необходимо взаимодействие с активированными В-клетками [32].

Известно, что ряд молекул В-лимфоцитов и Th играют ключевую роль в дифференцировке Tfh. Связывание лиганда костимулирующей молекулы ICOS активированных В-клеток с рецептором ICOS, представителем семейства CD28 Т-лимфоцитов способствует дифференцировке Т-клеток в Tfh. Образование Tfh также зависит от взаимодействий между активированными В-клетками и Th, опосредованных молекулами сигнальной активации лимфоцитов (*signaling lymphocytic activation molecule* — SLAM). Сигнальная молекула, ассоциированная с белками семейства SLAM в Tfh — это SLAM-ассоциированный белок (*SLAM-associated protein* — SAP). Передача сигналов SAP стабилизирует экспрессию регуляторов транскрипции BCL-6, которые необходимы для развития Tfh. SAP мутирует у пациентов с X-сцепленным лимфопролиферативным синдромом, который связан с дефектами антител и цитотоксическими реакциями Т-клеток [33, 34].

Tfh секретируют IL-21, который обеспечивает развитие зародышевого центра и способствует образованию плазматических клеток. IL-21 способствует селекции В-клеток зародышевого центра и дифференцировке активированных В-клеток в плазмобласты. Кроме IL-21, Tfh секретируют IL-4 и IL-13, а также, вероятно, низкие уровни IFN- γ . Известно, что некоторые из этих цитокинов участвуют в переключении изотипов. Экстрафолликулярные Tfh также секретируют IL-4 и IL-21, стимулирующие переключение изотипов вне зародышевого центра. В зародышевом центре развиваются реакции образования долгоживущих плазматических клеток и В-клеток памяти, продолжается смена изотипа. Происходит сложный процесс дифференцировки В-лимфоцитов и отбор клеток с наиболее аффинными антигенными рецепторами [35, 36].

Зародышевые центры формируются во вторичных лимфоидных органах примерно через 4–7 дней после начала Т-зависимого В-клеточного ответа. Зародышевые центры состоят из двух различных областей: темной зоны, плотно заполненной быстро пролиферирующими В-клетками, и светлой зоны, где отбираются высокоаффинные В-клетки, способные выживать и дифференцироваться дальше. Клеточный состав этих зон различен. Tfh присутствуют только в светлой зоне, содержащей FDC. Они встречаются только в лимфоидных фолликулах и экспрессируют рецепторы комплемента (CR1, CR2 и CR3) и Fc-рецепторы. Эти молекулы участвуют в представлении антигенов для отбора В-клеток зародышевого центра. FDC не экспрессируют молекулы МНС II класса и отличаются от ДК, экспрессирующих МНС II класса, представляющие пептиды Т-лимфоцитам. Длинные цитоплазматические отростки FDC образуют сеть, вокруг которой формируются зародышевые центры. В-клетки темной и светлой зон являются центробластами и центроцитами соответственно. Эти зоны не фиксированы, так как В-клетки перемещаются между темной и светлой зонами. В-клетки, активированные Tfh посредством взаимодействия CD40L-CD40, многократно пролиферируют, образуют темную зону зародышевого центра. Время удвоения этих пролиферирующих В-клеток зародышевого центра составляет от 6 до 12 ч. Так что в течение 5 дней один лимфоцит может дать начало 5000 потомкам [37–40].

В генах Ig пролиферирующих В-клетках темной зоны происходят процессы соматической гипермутации. Этот процесс инициируется активацией фермента цитидиндеаминазы (*cytidine deaminase* — AID), который в высокой степени экспрессируется клетками темной зоны. После многократного деления В-клетки темной зоны перестают делиться и подавляют экспрессию хемокинового рецептора CXCR4. Лиганды CXCR4, CXCL12 более представлены в темной зоне, чем в светлой. Потеря экспрессии CXCR4 приводит к миграции мутировавших неделящихся В-клеток в соседнюю светлую зону, содержащую Tfh и FDC. Эти неделящиеся В-клетки темной зоны все еще экспрессируют CXCR5 и притягиваются к светлой зоне, содержащей более высокую концентрацию CXCL13 [41, 42].

В светлой зоне В-клетки, подвергшиеся соматической гипермутации, тестируют на их способность распознавать антиген, представляемый FDC. В-клетки с высокоаффинными BCR с большей вероятностью захватывают антиген, представляют его Tfh и получают сигналы, опосредованные CD40 и цитокинами, секретируемыми Т-клетками. В результате эти В-клетки отбираются для дальнейшей дифференцировки. Другие В-клетки, не прошедшие отбор, подвергаются апоптозу. Отобранные В-лимфоциты светлой зоны экспрессируют фактор транскрипции MYC, повторно экспрессируют хемокиновый рецептор CXCR4 и, таким образом, возвращаются в темную зону. В-клетки зародышевого центра могут подвергаться многократным циклам мутации и отбора, мигрируя из светлой зоны в темную и обратно. Этот процесс способствует секреции высокоаффинных антител [43].

После нескольких этапов отбора высокоаффинные В-клетки выходят из зародышевого центра в виде плазмобластов в костный мозг и дифференцируются в долгоживущие плазматические клетки. Однако не известно, почему отобранные высокоаффинные В-клетки светлой зоны не возвращаются в темную зону, а покидают зародышевый центр. Известно лишь то, что, как только высокоаффинные В-клетки светлой зоны повторно экспрессируют EB12, они покидают зародышевый центр. Из зародышевого центра В-клетки, подвергшиеся ограниченной соматической гипермутации, остаются относительно низкоаффинными и превращаются в В-клетки памяти. Клетки памяти обладают способностью рециркулировать и мигрировать из одного вторичного лимфоидного органа в другой. Формирование зародышевого центра нарушено у людей и мышей с генетическими дефектами в развитии или активации Т-клеток, или с мутациями либо CD40, либо его лиганда [44–47].

При Т-зависимых реакциях активированные В-клетки, экспрессирующие IgM и IgD, претерпевают переключение изотипа тяжелых цепей и секретируют антитела различных классов, таких как G, A, E. Переключение изотипов вне фолликула происходит за счет экстрафолликулярных Tfh. В-клетки изменяют изотипы антител, которые они секретируют, меняя постоянные участки тяжелых цепей, но специфичность антител (определяется вариабельными участками) остается неизменной [48].

Переключение изотипов антител в ответ на различные типы патогенов регулируется цитокинами, которые секретируют Th. Переключение с IgM на IgG является важным аспектом Т-зависимой реакции антител против многих бактерий и вирусов. У мышей переключение на подклассы IgG индуцируется IFN- γ , который секретируется Tfh. Однако нет никаких доказательств того, что у людей переключение синтеза на изотипы IgG связано с клетками, секретирующими IFN- γ , и которые экспрессируют более высокие уровни IL-21, что и приводит к переключению с IgM на IgG, но детали того, какие цитокины приводят к переключению на синтез IgG1, IgG2, IgG3 и IgG4, пока остаются неизвестными [49, 50].

Кроме того, цитокины обеспечивают переключение синтеза изотипов иммуноглобулинов В-клетками в разных анатомических участках. В частности, В-клетки слизистых оболочек переключаются на синтез IgA, который наиболее эффективно транспортируется через эпителий. Переход на синтез IgA стимулируется трансформирующим фактором роста β , секретируемым многими типами клеток, включая Th слизистых оболочки и другие ткани. Цитокины семейств TNF, BAFF и APRIL также стимулируют переключение на синтез IgA. Эти цитокины, вырабатываемые миелоидными клетками, могут стимулировать IgA-реакцию в отсутствие помощи Т-клеток. Некоторые индивидуумы, унаследовавшие мутантные версии гена *TACI*, кодирующего рецептор к этим цитокинам, имеют избирательный дефицит продукции IgA [51, 52].

Сигналы CD40 вместе с цитокинами, вызывают переключение изотипов. Взаимодействие с CD40 индуцирует экспрессию фермента цитидиндеаминазы (*activation-induced (cytidine) deaminase*), имеющего решающее значение как для переключения изотипов, так и для формирования аффинности. Необходимость передачи сигналов CD40 и AID для содействия переключению изотипов В-клетками подтверждена изучением как у мышей, так и у людей, у которых отсутствуют CD40, CD40L или AID. Во всех этих случаях в реакции антител на белковые антигены преобладают антитела изотипа IgM, а переключение на другие изотипы ограничено [53, 54].

Молекулярный механизм переключения изотипов — это процесс, при котором ДНК

с тяжелой цепью Ig В-клеток разрезается и рекомбинируется таким образом, что ранее сформированный экзон VDJ, кодирующий V-домен, помещается рядом с нижележащей С-областью, а промежуточная ДНК удаляется. Эти события рекомбинации ДНК связаны с нуклеотидными последовательностями, которые расположены в интронах между сегментами J и C на 5'-концах каждого СН локуса, отличного от гена δ . Цитокины определяют, какой участок зародышевой линии СН подвергнется транскрипции. Так, IL-4 индуцирует транскрипцию зародышевой линии через локус I ϵ -S ϵ -C ϵ . Это приводит сначала к образованию ϵ -транскриптов зародышевой линии В-лимфоцитов, экспрессирующих IgM, а затем к рекомбинации S μ -области с областью S ϵ . Промежуточная ДНК теряется, а экзон VDJ перемещается к C ϵ . Конечным результатом является секреция IgE с тем же V-доменом, что и у исходного IgM, секретируемого той же В-клеткой (см. рисунок) [55, 56].

Выше указывалось, что AID является ключевым ферментом, необходимым для переключения изотипа и соматической гипермутации. Его экспрессия индуцируется активированными В-клетками, главным образом сигналами CD40 от Tfh. Фермент удаляет аминогруппу из цитозина в одноцепочечных ДНК-матрицах, превращая остатки цитозина (C) в дезаминированные остатки урацила (U). Однако как AID осуществляет переключение областей, не ясно. Этот фермент обладает склонностью к определенным тетра nukлеотидным мотивам, содержащим GC. Области переключения богаты этими мотивами, а индуцируемая цитокинами транскрипция через эти области делает их доступными [57].

Пролиферирующие В-клетки зародышевого центра в темной зоне, перестроенные V-гены Ig подвергаются точечным мутациям с чрезвычайно высокой частотой. Это примерно в 1 тыс. раз превышает спонтанную частоту мутаций

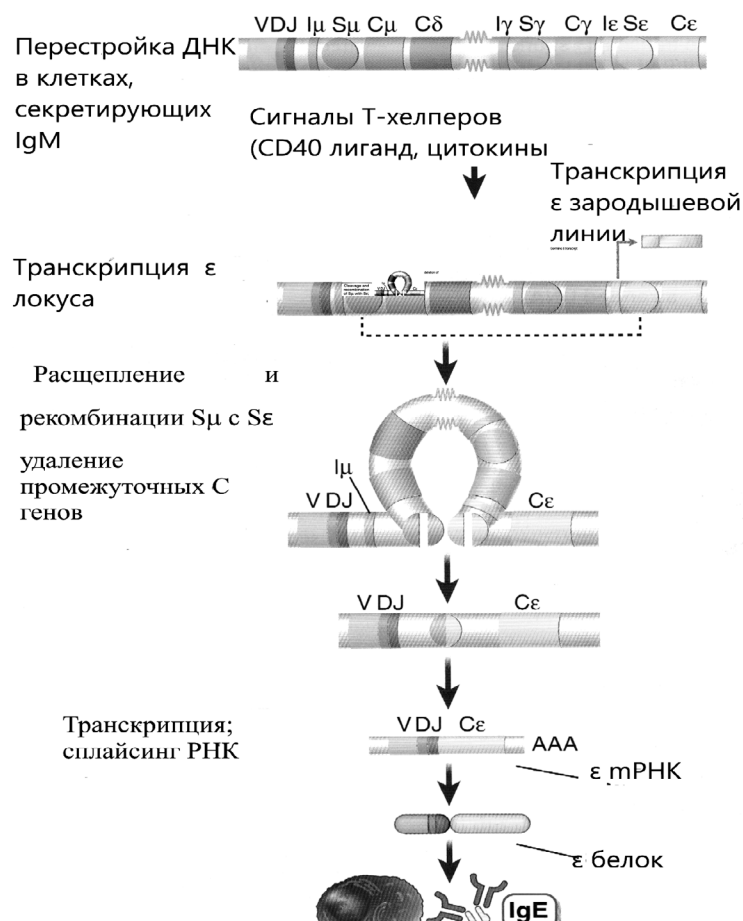


Рисунок. Механизмы переключения изотипов тяжелой цепи
Figure. Mechanisms of heavy chain isotype switching

в других генах млекопитающих. Поэтому мутации в перестроенных V-генах Ig также называют соматической гипермутацией. V-гены, экспрессируемые в тяжелых и легких цепях каждой В-клетки содержат в общей сложности около 700 нуклеотидов. Таким образом, мутации будут накапливаться в экспрессируемых V-областях. Мутации в V-гене Ig продолжают происходить и в других В-клетках. В результате любой клон В-клеток может накапливать все больше и больше мутаций в зародышевом центре в течение своей жизни. Предполагается, что из-за соматических мутаций нуклеотидные последовательности IgG, полученные из одного клона В-клеток, могут отличаться на 5 % от исходной последовательности зародышевой линии. Обычно это приводит к замене до 10 аминокислот. Мутации сгруппированы в основном в антигенсвязывающих V-областях, определяющих комплементарность, при этом наличие мутаций коррелирует с увеличением сродства антител к антигену, вызвавшему иммунный ответ [19, 31, 57].

Важную роль в формировании аффинности также играет AID, так как его ДНК-дезаминазная активность преобразует C-остатки в U-остатки в определенных тетра-нуклеотидных точках (AGCT), которые находятся по всему геному, но нацелены в первую очередь на перестроенные V-области. UsU, которые образуются из Cs, могут быть заменены на TsT при репликации ДНК, что приводит к распространению типу мутации от C к T. Созданный таким образом участок подвержен ошибкам, но восстанавливается с помощью процесса репарации ДНК, что в конечном итоге приводит к замене любым из четырех нуклеотидов ДНК в каждом участке дезаминирования цитидина, вызванного AID. Ферменты MSH2 и MSH6, обычно участвующие в процессе восстановления несоответствий ДНК, являются важными участниками соматической гипермутации. Остается неясным, как два хорошо известных механизма репарации ДНК, репарация вырезания оснований и репарация несоответствий, которые обычно являются высокоточными процессами, задействуют ДНК-полимеразы, подверженные ошибкам [20, 27].

Повторная стимуляция Т-клеточно-зависимыми белковыми антигенами приводит к миграции В-клеток и увеличению числа мутаций в генах Ig антигенспецифических В-клеток

зародышевого центра. Некоторые из этих мутаций, вероятно, будут полезны, поскольку они станут генерировать высокоаффинные антитела. Однако многие из мутаций могут привести к снижению или даже потере связывания с антигеном. Следовательно, следующим и решающим шагом в процессе аффинного созревания является отбор наиболее высокоаффинных В-клеток. В-клетки, подвергшиеся соматической мутации, мигрируют в богатую FDC-зону зародышевого центра, где погибают в результате апоптоза, а В-клетки с высокоаффинными рецепторами к антигену связывают антиген, присутствующий в низких концентрациях, и выживают преимущественно благодаря нескольким механизмам. Во-первых, распознавание антигена само по себе индуцирует экспрессию антиапоптотических белков семейства BCL-2. Во-вторых, высокоаффинные В-клетки представляют антиген и взаимодействуют с ограниченным количеством Tfh зародышевого центра. Эти Tfh-клетки осуществляют сигналы через CD40L и цитокины, способствуя выживанию В-клеток, с которыми они взаимодействуют [24, 28, 54, 58, 59].

Чем больше секретируется антител, тем большее количество антигена выводится из организма и тем меньше его остается в зародышевых центрах. В-клетки, специфически взаимодействующие с этим антигеном, экспрессируют рецепторы со все большим сродством к нему. В результате отобранные В-клетки секретируют Ig с возрастающим сродством к антигену. Поскольку соматическая мутация сопровождается появлением В-клеток, которые не экспрессируют высокоаффинные рецепторы к антигену, это приводит к апоптотической гибели В-клеток. Разрывы ДНК, связанные с соматической гипермутацией и переключением изотипов, предрасполагают к хромосомным транслокациям различных онкогенов в локусы гена Ig, приводящим к образованию опухолей из В-клеток (лимфомы). Это объясняет, почему многие лимфомы развиваются из В-клеток зародышевого центра. Зародышевые центры также могут способствовать патогенезу аутоиммунных заболеваний. Реакция соматически мутировавших В-клеток на собственные антигены контролируется регуляторными Т-клетками, некоторые из которых экспрессируют CXCR5, проникают в фолликулы и известны как Т-фолликулярные регуляторные клетки.

Возможно, что дефицит этих регуляторных Т-клеток вызывает увеличение числа Tfh и выживание аутореактивных В-клеток, приводящих к аутоиммунным заболеваниям [15, 60, 61].

Плазматические клетки, секретирующие антитела, — это морфологически отличные, терминально дифференцированные В-клетки, способные к обильной секреции антител. Они образуются после активации В-клеток посредством сигналов от BCR, CD40, TLRs и других рецепторов, включая рецепторы цитокинов. Существует два типа плазматических клеток: короткоживущие и долгоживущие.

Короткоживущие плазматические клетки образуются во время Т-независимых реакций и на ранних стадиях Т-зависимых реакций в экстрафолликулярных В-клеточных очагах. Эти клетки обычно обнаруживаются во вторичных лимфоидных органах и в периферических нелимфоидных тканях [62].

Долгоживущие плазматические клетки образуются в результате Т-зависимых реакций зародышевого центра на белковые антигены. Сигналы от BCR и IL-21 взаимодействуют при образовании плазматических клеток и их предшественников — плазмобластов.

Плазмобласты являются самыми ранними клетками, секретирующими антитела. Они продолжают пролиферировать, но практически не экспрессируют CD20 — маркер зрелых В-клеток. Плазмобласты, образующиеся в зародышевых центрах, попадают в кровоток и в костный мозг, где они прекращают деление и дифференцируются в долгоживущие плазматические клетки. Этому способствуют цитокины семейства BAFF, которые связываются с трансмембранным сигнальным белком (рецептор мембран плазматических клеток), который подает сигналы, позволяющие клеткам выживать в течение длительного времени [63].

Обычно через 2–3 нед после иммунизации Т-зависимым белковым антигеном костный мозг становится основным местом выработки антител. Плазматические клетки костного мозга могут продолжать секретировать антитела в течение десятилетий даже при отсутствии антигена. Подсчитано, что почти половина антител в крови здорового взрослого человека вырабатывается долгоживущими плазматическими клетками, и они специфичны к антигенам, с которыми иммунная система сталкивалась в прошлом. Секретируемые антитела попадают в кровоток

и секреты слизистых оболочек. Зрелые плазматические клетки повторно не циркулируют. Дифференцировка В-клеток в плазмциты сопровождается серьезными структурными изменениями в компонентах эндоплазматического ретикулума и увеличением продукции Ig, а также изменением тяжелых цепей мембранных Ig на секретируемую форму. В-лимфоциты резко увеличиваются в размерах, эндоплазматический ретикулум и комплекс Гольджи становятся укрупненными, клетка превращается в секретирующую, которая мало похожа на В-лимфоцит или даже вообще не похожа [51, 63].

В-клетки памяти образуются при активации зародышевого центра. Хотя большинство В-клеток памяти развиваются в зародышевых центрах с участием Т-лимфоцитов, некоторые В-клетки памяти, экспрессирующие IgM, образуются без их участия. Клетки памяти выживают в течение длительного времени, поскольку они экспрессируют высокие уровни антиапоптотического белка BCL-2. Некоторые В-клетки памяти могут оставаться в лимфоидном органе, где они были сформированы, в то время как другие выходят из зародышевых центров и циркулируют в периферической крови и лимфоидных органах. Клетки памяти развиваются из низкоаффинных антигенспецифичных В-клеток, которые относительно рано появляются в зародышевом центре после ограниченных циклов соматической гипермутации и отбора [3].

Результат дифференцировки В-клеток регулируется индукцией и активацией различных факторов транскрипции. Активированные В-клетки могут трансформироваться в короткоживущие или долгоживущие плазматические клетки, секретирующие большое количество антител, или же превращаться в долгоживущие клетки памяти, не секретирующие антитела, но быстро реагирующие на антиген. Основными транскрипционными факторами, участвующими в определении судьбы В-клеток зародышевого центра, являются BCL-6, белок созревания 1, индуцируемый В-лимфоцитами (*B lymphocyte-induced maturation protein* — BLIMP), и фактор транскрипции гемопоэтических клеток (IRF4) [16, 20].

В-клетки зародышевого центра, передавая сигналы через CD40 и рецептор IL-21, индуцируют экспрессию BCL-6, который функционирует как репрессор транскрипции для мас-

сивной пролиферации В-клеток зародышевого центра. BCL-6 подавляет экспрессию ингибиторов циклинзависимой киназы и таким образом взаимодействует с активаторами транскрипции, подобными c-MYB, чем активирует клеточный цикл В-клеток зародышевого центра. BCL-6 также подавляет фактор транскрипции p53, который опосредует остановку клеточного цикла и апоптотическую гибель клеток после повреждения ДНК. В результате В-клетки могут переносить разрывы ДНК, которые сопровождают смену изотипа, соматическую гипермутацию и относительно устойчивы к апоптозу. BCL-6 противодействует и другому репрессору транскрипции — BLIMP, необходимому для развития плазматических клеток, и, таким образом, предотвращает преждевременную дифференцировку клеток зародышевого центра в плазматические клетки. BLIMP1 — репрессор транскрипции, а IRF4 — активатор транскрипции, индуцируются отдельными субпопуляциями активированных В-клеток. BLIMP1 подавляет и второй фактор транскрипции — PAX5, необходимый для поддержания зрелых В-клеток. IRF4 способствует экспрессии XBP1, важнейшего фактора транскрипции. XBP1 обеспечивает защиту дифференцирующихся плазматических клеток от вредного воздействия белковых молекул, что способствует созреванию плазматических клеток и усиленному синтезу Ig [22, 24].

Низкоаффинные В-клетки снижают уровень BCL-6, не индуцируют MYC, снижают активацию mTORC и дифференцируются в В-клетки памяти. В-клетки памяти нуждаются в транскрипционном факторе NHEX, который индуцируется в отсутствие BCL-6, а он, в свою очередь, индуцирует и поддерживает уровень антиапоптотического белка BCL-2, который необходим для выживания В-клеток памяти. Известно, что многие другие факторы транскрипции способствуют индукции и поддержанию активности В-клеток зародышевого центра. Важным регулятором программы В-клеток зародышевого центра, которая подавляет другие функции, является белок-регулятор транскрипции — BACH2. Другой фактор транскрипции FOXO1 необходим для развития В-клеток зародышевого центра. Он индуцирует экспрессию хемокинового рецептора — CXCR4, обеспечивающего миграцию В-лимфоцитов. Киназа PI-3 подавляет FOXO1, а В-клетки, подвергаю-

щиеся положительному отбору, экспрессируют MYC и FOXO1, что также способствует их миграции [29, 36, 47].

Многие небелковые антигены, такие как полисахариды, липиды и нуклеиновые кислоты, стимулируют секрецию антител без помощи Th. Секретируемые антитела, как правило, имеют низкую аффинность и являются преимущественно IgM с ограниченным переключением изотипов на некоторые подтипы IgG, а также на IgA. Субпопуляции В-лимфоцитов МЗС и В-1 особенно важны для синтеза антител, вызванного Т-независимыми антигенами. В то время как ответы на Т-зависимые белковые антигены в значительной степени опосредуются фолликулярными В-лимфоцитами. В-клетки МЗС — отдельная субпопуляция В-клеток, которые преимущественно реагируют на антигены полисахаридной природы. После активации эти клетки дифференцируются в короткоживущие плазматические клетки, секретирующие в основном IgM. В-1-клетки — другая линия В-клеток, которая реагирует на TI-антигены, главным образом в брюшине и на слизистых оболочках. Антитела, вырабатываемые на Т-независимые антигены, секретируются в основном в МЗС, брюшной полости и на слизистых оболочках. Макрофаги, расположенные в краевых зонах, окружающих лимфоидные фолликулы в селезенке, особенно эффективны при захвате полисахаридных антигенов, когда они попадают в макроорганизм парентеральным путем. Антигены TI могут длительное время сохраняться на поверхности макрофагов маргинальной зоны, где они распознаются специфическими В-клетками [55, 56].

Т-независимые антигены: TI-антигены, полисахариды, гликолипиды и нуклеиновые кислоты стимулируют пролиферацию и дифференцировку В-клеток в отсутствие помощи Th. Однако эти антигены не могут быть обработаны и представлены в ассоциации с молекулами МНС, поэтому они не распознаются CD4⁺ Т-клетками. Большинство TI-антигенов являются мультивалентными и состоят из повторяющихся идентичных антигенных детерминант. Такие мультивалентные антигены распознаются BCR специфических В-клеток, что приводит к их активации без участия Th. Кроме того, многие полисахаридные антигены активируют систему комплемента альтернативным или лектиновым путем, генерируя C3d, который связывается

с антигеном и распознается CR2, тем самым усиливая активацию В-клеток. Кроме того, реакции на TI-антигены также могут быть облегчены дополнительными сигналами от микробных продуктов, активирующих TLR В-лимфоцитов [19].

Обсуждение. Активированные Т-хелперы экспрессируют CD40L, взаимодействующий с CD40 В-лимфоцитов. Кроме того, Т-хелперы секретируют цитокины, связывающиеся с профильными цитокиновыми рецепторами В-клеток. Комбинация сигналов CD40 и цитокинов стимулирует пролиферацию и дифференцировку В-клеток. Стимуляция активированных В-клеток в экстрафолликулярных зонах Т-хелперов приводит к образованию экстрафолликулярных очагов, где осуществляется переключение изотипов иммуноглобулинов и образуются короткоживущие плазматические клетки. Часть активированных Т-хелперов дифференцируется в специализированные Т-фолликулярные вспомогательные клетки, экспрессирующие высокие уровни индуцируемых костимуляторов и секретируют IL-21. Активированные В-клетки мигрируют в фолликул, где происходит синтез антител.

Известно, что в развивающихся ИО на TI обычно наблюдается незначительное переключение изотипов иммуноглобулинов, однако у человека некоторые Т-независимые небелковые антигены индуцируют секрецию IgG2. У мышей были выявлены низкие уровни IgG3 и IgA. Переключению синтеза изотипов в Т-независимых реакциях способствуют BAFF и APRIL, секретируемые клетками миелоидного происхождения, такими как ДК и макрофаги. Они также способствуют индуцированию синтеза AID активированными В-лимфоцитами, взаимодействуя с рецептором семейства BAFF — TACI. В этих процессах также задействованы TLR В-лимфоцитов. Кроме того, секретируемые многими нелимфоидными клетками слизистой оболочки TGF- β опосредуют переключение синтеза В-лимфоцитами IgA, направленных против небелковых антигенов [8, 48, 53].

Гуморальный иммунитет служит основным механизмом защиты от инфекций, вызываемых TI-антигенами, которые являются компонентами клеточной стенки инкапсулированных бактерий. По этой причине люди с врожденной или приобретенной недостаточностью гуморального иммунитета особенно восприимчивы к инфекциям, вызываемым пневмококками,

менингококками и гемофильной палочкой.

Т-независимые антигены также способствуют секреции естественных антител, присутствующих в крови здоровых людей. Большинство природных антител — это низкоаффинные антиуглеводные антитела, которые, как предполагается, вырабатываются В-лимфоцитами брюшины, реагирующими на бактериальные антигены, колонизирующие желудочно-кишечный тракт, и В-лимфоцитами МЗС. Большая часть природных антител у людей и мышей специфична к окисленным липидам (лизолфосфатидилхолин и фосфорил холин фосфатидилхолин). Эти липиды содержатся на мембранах бактерий и в апоптотических клетках, но не обнаруживаются на поверхности физиологически активных клеток-хозяев. Некоторые экспериментальные данные указывают на то, что природные антитела, специфичные к этим фосфолипидам, обеспечивают защиту от бактериальных инфекций и способствуют фагоцитозу апоптотических клеток. Антитела против антигенов группы крови по системе ABO — еще один пример природных антител, распознающих определенные гликолипиды (антигены групп крови), экспрессируемые на поверхности многих типов клеток, включая клетки крови [14, 54].

Секретируемые антитела, образуя комплексы антиген – антитело ингибируют активацию В-клеток, связываясь с ингибирующими Fc γ -рецепторами антигенспецифичных В-лимфоцитов. Этот механизм обратной связи способствует подавлению секреции IgG В-лимфоцитами за счет взаимодействия комплексов IgG-антиген с Fc γ RIIB-рецептором или CD32. Цитоплазматический участок Fc γ RIIB содержит мотив ингибирования иммунорецепторов на основе тирозина (*immunoreceptor tyrosine-based inhibition motif* — ITIM). Когда этот Fc γ -рецептор задействован, ITIM на цитозольном конце рецептора фосфорилируется и образует сайт стыковки для инозитфосфатазы, содержащей SH2-домен (*site for the SH2 domain-containing inositol phosphatase* — SHIP). Рескриптуемый SHIP гидролизует фосфат в сигнальном промежуточном звене фосфатидилинозитолтрифосфате и инактивирует эту молекулу. Данное взаимодействие с Fc γ RIIB прекращает активацию В-клеток. Комплексы антиген – антитело одновременно взаимодействуют с эпитопом (антиген) и с Fc γ RIIB (антитело), и это приближает ингибирующие фос-

фатазы к эпитопам антигена, что блокирует передачу сигналов [4, 20, 24].

Обратная связь с антителами, опосредованная Fc-рецепторами, является физиологическим механизмом контроля гуморальных иммунных реакций, поскольку она запускается секретируемыми антителами и блокирует их дальнейшую секрецию. Важность ингибирования, опосредованного FcγRIIB, демонстрируется неконтролируемой выработкой антител, наблюдаемой у мышей, у которых ген, кодирующий этот рецептор, был отключен. Полиморфизм в гене FcγRIIB был связан с предрасположенностью к аутоиммунной патологии, в частности, к системной красной волчанке [17, 55].

В-клетки экспрессируют и другой ингибирующий рецептор — CD22, представляющий собой лектин, связывающий сиаловую кислоту. Однако механизм этого эффекта неизвестен. У мышей, лишенных CD22, наблюдается гиперактивация В-клеток. Цитоплазматический участок этой молекулы содержит остатки тирозина ITIM, которые при фосфорилировании киназой семейства SRC LYN связывают SH2-домен тирозинфосфатазы SHP1. SHP1 удаляет фосфаты из остатков тирозина нескольких ферментов и адаптерных белков, участвующих в передаче сигналов BCR, и таким образом отменяет активацию В-клеток. У мышей с неконтролируемой активацией В-клеток и секрецией аутоантител развивается тяжелый иммунодефицит, в основе которого лежит естественная мутация в SHP1. Условная делеция SHP1, а также искусственная потеря LYN В-клетками приводит к нарушению толерантности периферических В-клеток и развитию аутоиммунных заболеваний [10, 13, 17].

Заключение. При гуморальном ИО В-лимфоциты активируются антигеном и секретируют антитела, нейтрализующие антиген. Реакция В-клеток на белковые антигены требует участия CD4⁺ Т-клеток, специфичных к данному антигену. Зависимые от Th ответы В-клеток на белковые антигены требуют первоначальной независимой активации наивных Т-клеток в Т-клеточных зонах и В-клеток в лимфоидных фолликулах лимфоидных органов, каждая из которых специфична для своей части одного и того же белкового антигена. В-клетка, распознающая конформационный эпитоп нативного белкового антигена, усваивает белок, обрабатывает его и экспрессирует с молекулами МНС II

класса для распознавания Th. Активированные Th экспрессируют CD40L, взаимодействующий с CD40 В-лимфоцитов. Кроме того, Th секретируют цитокины, связывающиеся с профильными цитокиновыми рецепторами В-клеток. Комбинация сигналов CD40 и цитокинов стимулирует пролиферацию и дифференцировку В-клеток. Стимуляция активированных В-клеток в экстрафолликулярных зонах Th приводит к образованию экстрафолликулярных очагов, в которых осуществляется переключение изотипов иммуноглобулинов и образуются короткоживущие плазматические клетки. Некоторые активированные Th дифференцируются в специализированные Tfh, экспрессирующие высокие уровни индуцируемого костимулятора (ICOS), CXCR5 и секретируют IL-21. Tfh-клетки и активированные антигеном В-клетки мигрируют в фолликул, где Tfh их активируют, инициируя образование зародышевых центров. Поздние события синтеза антител, которые происходят в зародышевых центрах, включают дополнительное переключение изотипов, соматическую мутацию, формирование аффинности, образование В-клеток памяти и индукцию долгоживущих плазматических клеток. Переключение изотипа требует индукции AID, которая превращает цитозин в урацил в одноцепочечной ДНК, а различные цитокины позволяют AID получать доступ к различным локусам тяжелой цепи. Формирование аффинности происходит в зародышевых центрах и приводит к повышению аффинности антител в ходе Т-клеточно-зависимого гуморального ответа. Аффинное созревание является результатом соматической мутации генов тяжелой и легкой цепей Ig, индуцированной AID, за которой следует избирательное выживание В-клеток, секретирующих высокоаффинные антитела и связывающихся с антигеном, обнаруживаемым FDC в зародышевых центрах. Высокоаффинные В-клетки лучше всего способны представлять антигены Tfh, которые способствуют выживанию В-клеток. Некоторые из потомков В-клеток зародышевого центра дифференцируются в плазматические клетки, секретирующие антитела, мигрирующие в костный мозг. Другие клетки становятся В-клетками памяти, которые циркулируют между лимфоидными органами и периферическими тканями и быстро реагируют на последующее воздействие антигена, дифференцируясь в высокоаффинные секретирующие антитела

клетки. Экспрессия различных факторов транскрипции контролирует дифференцировку активированных В-клеток в плазматические клетки или клетки памяти. Т1-антигены, как правило, представляют собой небелковые антигены, которые индуцируют гуморальные иммунные реакции без участия Th. Многие Т1-антигены, включая полисахариды, мембранные гликолипиды и нуклеиновые кислоты, являются многовалентными, могут сшивать множество мембранных молекул Ig В-лимфоцитов и активировать комплемент, тем самым активируя В-клетки без Th. Активация TLR В-лимфоцитов микробными продуктами может способствовать Т-независимой активации В-клеток. Т1-антигены стимулируют реакцию антител, при которой происходит ограниченное переключение между классами тяжелых цепей, формирование аффинности или

образование В-клеток памяти. Эти особенности в значительной степени зависят от Th, которые не активируются небелковыми антигенами. Однако некоторая Т-независимая смена изотипа может быть вызвана стимуляцией TLR микробами, что может привести к секреции цитокинов семейства TNF, активирующих В-клетки для индукции AID. Формирующаяся обратная связь В-лимфоцитов с антителами — это механизм, с помощью которого гуморальные иммунные реакции снижаются при выработке достаточного количества антител и наличии растворимых комплексов антитело – антиген. Ig на мембране В-клеток и рецептор FcγRIIB для Fc-частей IgG объединены комплексами антитело – антиген. Это активирует каскад ингибирующих сигналов через цитоплазматический участок FcγRIIB, который прекращает активацию В-клеток.

Сведения об авторах:

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

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

Апчел Андрей Васильевич — доктор медицинских наук; врач-дерматовенеролог, ООО «Эстеприма»; 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

Information about the authors:

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

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

Andrey V. Apchel — Dr. of Sci. (Med.); Dermatovenerologist, Esteprema LLC; 192007, St. Petersburg, Prilukskaya street, 25, building 1, office 1, room 10-H; ORCID: 0009-0000-0770-5335; e-mail: apchelandrey@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 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.

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, AVF contribution to data collection. VYaA data analysis. AVM, VYaA, AVA 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: 24.10.2025
Принята к печати/Accepted: 15.03.2026
Опубликована/Published: 30.03.2026

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Claman H. N., Chaperon E. A., Triplett R. F. Thymus-marrow cell combinations. Synergism in antibody production. *Proc. Soc Exp Bio Med*, 1966, Vol. 122, pp. 1167–1171. doi: 10.3181/00379727-122-31353.
2. Glick B., Chang T. S., Jaap R. G. The bursa of Fabricius and antibody production. *Poult Sci J*, 1956, Vol. 35, pp. 224–225.
3. Liu X., Zhao Y., Qi H., et al. T-independent antigen induces humoral memory through germinal centers. *J Exp Med*, 2022, Vol. 219, No. 3, pp. e20210527. doi: 10.1084/jem.20210527.
4. Cyster J. G., Allen CDC. B cell responses: cell interaction dynamics and decisions. *Cell*, 2019, Vol. 177, pp. 524–540. doi: 10.1016/j.cell.2019.03.016.
5. Goodnow C. C., Vinuesa C. G., Randall K. L., et al. Control systems and decision making for antibody production. *Nat Immunol*, 2010, Vol. 11, pp. 681–688. doi: 10.1038/ni.1900.
6. Lee S., Ko Y., Lee H. W., et al. Two distinct subpopulations of marginal zone B cells exhibit differential antibody-producing capacities and radioresistance. *Cell Mol Immunol*, 2024, Vol. 21, No. 4, pp. 393–408. doi: 10.1038/s41423-024-01126-0.
7. Heath W. R., Kato Y., Steiner T. M., Caminschi I. Antigen presentation by dendritic cells for B cell activation. *Curr Opin Immunol*, 2019, Vol. 58, pp. 44–52. doi: 10.1016/j.coi.2019.04.003.
8. Heesters B. A., van der Poel C. E., Das A., Carroll M. C. Antigen presentation to B cells. *Trends Immunol*, 2016, Vol. 37, pp. 844–854. doi: 10.1016/j.it.2016.10.003.
9. Steiner T. M., Heath W. R., Caminschi I., et al. The unexpected contribution of conventional type 1 dendritic cells in driving antibody responses. *Eur J Immunol*, 2022, Vol. 52, No. 2, pp. 189–196. doi: 10.1002/eji.202149658.
10. Wang A. A., Gommerman J. L., Rojas O. L. Plasma Cells: From Cytokine Production to Regulation in Experimental Autoimmune Encephalomyelitis. *J Mol Biol*, 2021, Vol. 433, No. 1, pp. 166655. doi: 10.1016/j.jmb.2020.09.014.
11. Somers V., Dunn-Walters D. K., van der Burg M., et al. New Insights Into B Cell Subsets in Health and Disease. *Front Immunol*, 2022, Vol. 13, pp. 854889. doi: 10.3389/fimmu.2022.854889.
12. Yuseff M. I., Pierobon P., Reversat A., Lennon-Dumenil A. M. How B cells capture, process and present antigens: a crucial role for cell polarity. *Nat Rev Immunol*, 2013, Vol. 13, pp. 475–486. doi: 10.1038/nri3469.
13. Chen Z., Wang J. H. How the Signaling Crosstalk of B Cell Receptor (BCR) and Co-Receptors Regulates Antibody Class Switch Recombination: A New Perspective of Checkpoints of BCR Signaling. *Front Immunol*, 2021, Vol. 12, pp. 663443. doi: 10.3389/fimmu.2021.663443.
14. Biram A., Davidzohn N., Shulman Z. T cell interactions with B cells during germinal center formation, a three-step model. *Immunol Rev*, 2019, Vol. 288, No. 1, pp. 37–48. doi: 10.1111/imr.12737.
15. Li X., Gong L., Meli A. P., et al. Cbl and Cbl-b control the germinal center reaction by facilitating naive B cell antigen processing. *J Exp Med*, 2020, Vol. 217, No. 9, pp. e20191537. doi: 10.1084/jem.20191537.
16. De Silva N. S., Klein U. Dynamics of B cells in germinal centres. *Nat Rev Immunol*, 2015, Vol. 15, pp. 137–148. doi: 10.1038/nri3804.
17. Takebe T., Sakamoto K., Higami Y., et al. A novel mouse model for tracking the fate of CXCR5-expressing T cells. *Biochem Biophys Res Commun*, 2018, Vol. 495, No. 2, pp. 1642–1647. doi: 10.1016/j.bbrc.2017.12.029.
18. Москалев А. В., Рудой А. С., Апчел В. Я. Хемокины, их рецепторы и особенности развития иммунного ответа // *Вестник Российской военно-медицинской академии*. 2017. № 2 (58). С. 182–188 [Moskalev A. V., Rudoy A. S., Apchel V. Ya. Chemokines, their receptors and features of the immune response development. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*, 2017, No. 2 (58), pp. 182–188 (In Russ.)]. doi: 10.17816/brmma623370.
19. Москалев А. В., Гумилевский Б. Ю., Апчел В. Я., Цыган В. Н. Семейство В-лимфоцитов и их функции // *Вестник Российской военно-медицинской академии*. 2019. № 3 (67). С. 189–194 [Moskalev A. V., Gumilevsky B. Yu., Apchel V. Ya., Tsygan V. N. The Family of B-Lymphocytes and Their Functions. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*, 2019, No. 3 (67), pp. 189–194 (In Russ.)]. doi: 10.17816/brmma623916.
20. Nutt S. L., Hodgkin P. D., Tarlinton D. M., Corcoran L. M. The generation of antibody-secreting plasma cells. *Nat Rev Immunol*, 2015, Vol. 15, pp. 160–171. doi: 10.1038/nri3795.
21. Vinuesa C. G., Linterman M. A., Yu D., et al. Follicular Helper T Cells. *Annu Rev Immunol*, 2016, Vol. 34, pp. 335–68. doi: 10.1146/annurev-immunol-041015-055605.
22. Huang Q., Xu L., Ye L. T cell immune response within B-cell follicles. *Adv Immunol*, 2019, Vol. 144, pp. 155–171. doi: 10.1016/bs.ai.2019.08.008.
23. Москалев А. В., Гумилевский Б. Ю., Апчел В. Я., Цыган В. Н. Особенности развития адаптивного противовирусного иммунного ответа // *Вестник Российской военно-медицинской академии*. 2022. Т. 24, № 4. С. 789–800 [Moskalev A. V., Gumilevsky B. Yu., Apchel V. Ya., Tsygan V. N. Features of the development of adaptive antiviral immune response. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*, 2022, Vol. 24, No. 4, pp. 789–800 (In Russ.)]. doi: 10.17816/brmma109497.
24. Bannard O., Cyster J. G. Germinal centers: programmed for affinity maturation and antibody diversification. *Curr Opin Immunol*, 2017, Vol. 45, pp. 21–30. doi: 10.1016/j.coi.2016.12.004.
25. Mesin L., Ersching J., Vitorica G. D. Germinal center B cell dynamics. *Immunity*, 2016, Vol. 45, pp. 471–482. doi: 10.1016/j.immuni.2016.09.001.
26. Vitorica G. D., Nussenzweig M. C. Germinal Centers. *Annu Rev Immunol*, 2022, Vol. 40, pp. 413–442. doi: 10.1146/annurev-immunol-120419-022408.
27. Hwang J. K., Alt F. W., Yeap L. S. Related mechanisms of antibody somatic hypermutation and class switch recombination. *Microbiol Spectr*, 2015, Vol. 3, pp. MDNA3-0037-2014. doi: 10.1128/microbiolspec.MDNA3-0037-2014.
28. Ise W., Kurosaki T. Plasma cell differentiation during the germinal center reaction. *Immunol Rev*, 2019, Vol. 288, No. 1, pp. 64–74. doi: 10.1111/imr.12751.

29. Higgins B. W., McHeyzer-Williams LJ, McHeyzer-Williams MG. Programming isotype-specific plasma cell function. *Trends Immunol*, 2019, Vol. 40, pp. 345–357. doi: 10.1016/j.it.2019.01.012.
30. Crotty S. T follicular helper cell biology: a decade of discovery and diseases. *Immunity*, 2019, Vol. 50, pp. 1132–1148. doi: 10.1016/j.immuni.2019.04.011.
31. Song W., Craft J. T follicular helper cell heterogeneity: Time, space, and function. *Immunol Rev*, 2019, Vol. 288, No. 1, pp. 85–96. doi: 10.1111/imr.12740.
32. Кабанов М.Ю., Семенцов К.В., Алексеев В.В., Фокина А.А., Бояринов Д.Ю., Седов А.С., Кошелев Т.Е., Беседин И.И. Подходы к диагностике и лечению холедохолитиаза у пациентов пожилого и старческого возраста // *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова*. 2022. Т. 17. № 1. С. 107–115. [Kabanov M.Yu., Sementsov K.V., Alekseev V.V., Fokina A.A., Boyarinov D.Yu., Sedov A.S., Koshelev T.E., Besedin I.I. Approaches to the diagnosis and treatment of choledocholithiasis in elderly and senile patients. *Bulletin of the National Medical and Surgical Center named after. N.I. Pirogov*, 2022, Vol. 17, No. 1, pp. 107–115 (In Russ.)].
33. Seth A., Craft J. Spatial and functional heterogeneity of follicular helper T cells in autoimmunity. *Curr Opin Immunol*, 2019, Vol. 61, pp. 1–9. doi: 10.1016/j.coi.2019.06.005.
34. Hipp N., Symington H., Pastoret C., et al. IL-2 imprints human naive B cell fate towards plasma cell through ERK/ELK1-mediated BACH2 repression. *Nat Commun*, 2017, Vol. 8, No. 1, pp. 1443. doi: 10.1038/s41467-017-01475-7.
35. Laidlaw B. J., Cyster J. G. Transcriptional regulation of memory B cell differentiation. *Nat Rev Immunol*, 2020, Vol. 6, pp. 1–12. doi: 10.1038/s41577-020-00446-2.
36. Inoue T., Shinnakasu R., Kurosaki T., et al. Generation of High Quality Memory B Cells. *Front Immunol*, 2022, Vol. 12, pp. 825813. doi: 10.3389/fimmu.2021.825813.
37. Hardy R. R., Hayakawa K., Haaijman J., Herzenberg L. A. B-cell subpopulations identified by two-colour fluorescence analysis. *Nature*, 1982, Vol. 297, pp. 589–591. doi: 10.1038/297589a0.
38. Oprea M., van Nimwegen E., Perelson A. S. Dynamics of one-pass germinal center models: implications for affinity maturation. *Bull Math Biol*, 2000, Vol. 62, No. 1, pp. 121–53. doi: 10.1006/bulm.1999.0144.
39. Nakagawa R., Calado D. P. Positive Selection in the Light Zone of Germinal Centers. *Front Immunol*, 2021, Vol. 12, pp. 661678. doi: 10.3389/fimmu.2021.661678.
40. Papa I., Vinuesa C. G. Synaptic interactions in germinal centers. *Front Immunol*, 2018, Vol. 9, pp. 1858. doi: 10.3389/fimmu.2018.01858.
41. Methot S. P., Di Noia J. M. Molecular mechanisms of somatic hypermutation and class switch recombination. *Adv Immunol*, 2017, Vol. 133, pp. 37–87. doi: 10.1016/bs.ai.2016.11.002.
42. Aiden E. L., Casellas R. Somatic rearrangement in B cells: it's (mostly) nuclear physics. *Cell*, 2015, Vol. 162, pp. 708–711. doi: 10.1016/j.cell.2015.07.034.
43. Casellas R., Basu U., Yewdell W. T., et al. Mutations, kataegis and translocations in B cells: understanding aid promiscuous activity. *Nat Rev Immunol*, 2016, Vol. 16, pp. 164–176.
44. Ripperger T. J., Bhattacharya D. Transcriptional and Metabolic Control of Memory B Cells and Plasma Cells. *Annu Rev Immunol*, 2021, Vol. 39, pp. 345–368. doi: 10.1146/annurev-immunol-093019-125603.
45. Akkaya M., Kwak K., Pierce S. K. B cell memory: building two walls of protection against pathogens. *Nat Rev Immunol*, 2020, Vol. 20, pp. 229–238. doi: 10.1038/s41577-019-0244-2.
46. Кабанов М.Ю., Семенцов К.В., Дегтярев Д.Б., Бояринов Д.Ю., Савченков Д.К., Ладоша М.Ю., Яковлева Д.М., Алексеев В.В. Контактная литотрипсия под контролем пероральной холангиоскопии в лечении «трудного» холедохолитиаза у лиц пожилого возраста // *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова*. 2020. Т. 15. № 2. С. 179–181. [Kabanov M.Yu., Sementsov K.V., Degtyarev D.B., Boyarinov D.Yu., Savchenkov D.K., Ladosha M.Yu., Yakovleva D.M., Alekseev V.V. Contact lithotripsy under peroral cholangioscopy control in the treatment of “difficult” choledocholithiasis in the elderly. *Bulletin of the National Medical and Surgical Center named after. N.I. Pirogov*, 2020, Vol. 15, No. 2, pp. 179–181 (In Russ.)].
47. Higgins B. W., Shuparski A. G., Miller K. B., et al. Isotype-specific plasma cells express divergent transcriptional programs. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2022, Vol. 119, No. 25, pp. e2121260119. doi: 10.1073/pnas.2121260119.
48. Chen Z., Wang J. H. Signaling control of antibody isotype switching. *Adv Immunol*, 2019, Vol. 141, pp. 105–164. doi: 10.1016/bs.ai.2019.01.001.
49. Oudinet C., Braikia F. Z., Dauba A., et al. Mechanism and regulation of class switch recombination by IgH transcriptional control elements. *Adv Immunol*, 2020, Vol. 147, pp. 89–137. doi: 10.1016/bs.ai.2020.06.003.
50. Clement M. The association of microbial infection and adaptive immune cell activation in Alzheimer's disease. *Immunol*, 2023, Vol. 2, No. 1, pp. kyad015. doi: 10.1093/discim/kyad015.
51. Wang Y., Shao W., Liu X., et al. High recallability of memory B cells requires ZFP318-dependent transcriptional regulation of mitochondrial function. *Immunity*, 2024, Vol. 57, No. 8, pp. 1848–1863.e7. doi: 10.1016/j.immuni.2024.05.022.
52. Hasham M. G., Snow K. J., Donghia N. M., et al. Activation-induced cytidine deaminase-initiated off-target DNA breaks are detected and resolved during S phase. *J Immunol*, 2012, Vol. 189, No. 5, pp. 2374–2382. doi: 10.4049/jimmunol.1200414.
53. Ивануса С.Я., Лазуткин М.В., Шершень Д.П., Елисеев А.В., Бояринов Д.Ю., Щербakov Н.В. Роль микролитиаза в патогенезе билиарного панкреатита // *Клиническая патофизиология*. 2016. Т. 22. № 4. С. 26–32. [Ivanusa S. Ya., Lazutkin M.V., Shershen D.P., Eliseev A.V., Boyarinov D.Yu., Shcherbakov N.V. The role of microlithiasis in the pathogenesis of biliary pancreatitis. *Clinical pathophysiology*, 2016, Vol. 22, No. 4, pp. 26–32 (In Russ.)].
54. Peterson-Mahrt S. K., Harris R. S., Neuberger M. S. AID mutates E. coli suggesting a DNA deamination mechanism for

- antibody diversification. *Nature*, 2002, Vol. 418, pp. 99–103. doi: 10.1038/nature00862.
55. Zhang H., Hu Q., Zhang M., et al. Bach2 Deficiency Leads to Spontaneous Expansion of IL-4-Producing T Follicular Helper Cells and Autoimmunity. *Front Immunol*, 2019, Vol. 10, pp. 2050. doi: 10.3389/fimmu.2019.02050.
56. Shinnakasu R., Kurosaki T. Regulation of memory B and plasma cell differentiation. *Curr Opin Immunol*, 2017, Vol. 45, pp. 126–131. doi: 10.1016/j.coi.2017.03.003.
57. Kato L., Stanlie A., Begum N. A., et al. An evolutionary view of the mechanism for immune and genome diversity. *J Immunol*, 2012, Vol. 188, pp. 3559–3566. doi: 10.4049/jimmunol.1102397.
58. Москалев А. В., Апчел В. Я., Никитина Е. А. Современные аспекты организации молекул главного комплекса гистосовместимости и особенности развития иммунного ответа // *Интегративная физиология*. 2024. Т. 5, № 3. С. 261–282 [Moskalev A. V., Apchel V. Ya., Nikitina E. A. Modern aspects of the organization of molecules of the main histocompatibility complex and features of the development of the immune response. *Integrative physiology*, 2024, Vol. 5, No. 3, pp. 261–282 (In Russ.)]. doi: 10.33910/2687-1270-2024-5-3-261-282.
59. Sakurai S., Furuhashi K., Horiguchi R., et al. Conventional type 2 lung dendritic cells are potent inducers of follicular helper T cells in the asthmatic lung. *Allergol Int*, 2021, Vol. 70, No. 3, pp. 351–359. doi: 10.1016/j.alit.2021.01.008.
60. Chackerian B., Peabody D. S. Factors That Govern the Induction of Long-Lived Antibody Responses. *Viruses*, 2020, Vol. 12, No. 1, pp. 74. doi: 10.3390/v12010074.
61. Chang H. D., Tokoyoda K., Hoyer B., et al. Pathogenic memory plasma cells in autoimmunity. *Curr Opin Immunol*, 2019, Vol. 61, pp. 86–91. doi: 10.1016/j.coi.2019.09.005.
62. Khodadadi L., Cheng Q., Radbruch A., et al. The Maintenance of Memory Plasma Cells. *Front Immunol*, 2019, Vol. 10, pp. 721. doi: 10.3389/fimmu.2019.00721.
63. Phan T. G., Tangye S. G. Memory B cells: total recall. *Curr Opin Immunol*, 2017, Vol. 45, pp. 132–140. doi: 10.1016/j.coi.2017.03.005.

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

УДК: 612.111.7.014.41

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ
(ЛЕЙКОРЕДУКЦИЯ, ПАТОГЕНРЕДУКЦИЯ, ОБЛУЧЕНИЕ) НА СТАТУС
АКТИВАЦИИ КОНЦЕНТРАТА ТРОМБОЦИТОВ**¹Г. В. Гришина*, ¹И. С. Голованова, ¹Д. В. Ласточкина, ¹А. Д. Касьянов, ¹Л. Р. Тарковская,¹О. А. Смирнова, ^{1,2}С. С. Бессмельцев¹Российский научно-исследовательский институт гематологии и трансфузиологии Федерального медико-биологического агентства, Санкт-Петербург, Россия²Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

ВВЕДЕНИЕ. Клиническая эффективность трансфузий и безопасность пациентов напрямую зависят от качества концентрата тромбоцитов (КТ). На клиническую эффективность трансфузии оказывают влияние факторы, связанные с характеристиками донора, а также с характеристиками полученного КТ. В статье приведены современные литературные и собственные данные изучения влияния дополнительной обработки на степень активации, метаболизм, агрегационную и прокоагулянтную активность аферезных концентратов тромбоцитов.

ЦЕЛЬ. Изучить влияние дополнительной обработки: лейкоредукции, облучения, патогенредукции на показатели активации тромбоцитов по динамике образования микрочастиц на сроках хранения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Объектом исследования являлись концентраты тромбоцитов, заготовленные методом афереза согласно установленным требованиям. После заготовки каждый образец КТ оценивали по количеству образования тромбоцитарных микрочастиц и по метаболизму агрегационной и прокоагулянтной активности после 5 сут хранения. Показатели измеряли до и после процедуры дополнительной обработки КТ. Измерение размеров тромбоцитарных микрочастиц в образцах КТ выполняли методом проточной цитометрии.

РЕЗУЛЬТАТЫ. В результате проведенных исследований установлено, что дополнительная обработка концентратов тромбоцитов, например, лейкоредукция методом фильтрации и методом центрифугирования, а также облучение, не оказывают влияния на качество и функциональную способность КТ. Однако после патогенредукции уровень тромбоцитарных микрочастиц в концентрате тромбоцитов снижался пропорционально снижению количества тромбоцитов.

ОБСУЖДЕНИЕ. Проведен анализ содержания тромбоцитарных микрочастиц на сроках хранения, характеризующий динамику активации тромбоцитов. В результате проведенного исследования получены данные о сохранности регламентированных показателей безопасности и гемостатической активности тромбоцитов вне зависимости от дополнительной обработки. Использование полученных результатов позволяет дифференцировать компоненты с высоким и низким содержанием тромбоцитарных микрочастиц.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Количественное определение тромбоцитарных микрочастиц позволяет дифференцировать активированные компоненты (с высоким содержанием микрочастиц) и неактивированные (с низким содержанием микрочастиц), что следует учитывать при проведении трансфузионной терапии. Дальнейшее совершенствование технологий заготовки и хранения концентрата тромбоцитов будет способствовать улучшению качества и повышению эффективности трансфузионной терапии в медицинских организациях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, трансфузия, концентрат тромбоцитов, микрочастицы, проточная цитометрия

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

*For correspondence: Galina V. Grishina, e-mail: reger201309@mail.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 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: Гришина Г. В., Голованова И. С., Ласточкина Д. В., Касьянов А. Д., Тарковская Л. Р., Смирнова О. А., Бессмельцев С. С. Оценка влияния дополнительной обработки (лейкоредукция, патогенредукция, облучение) на статус активации концентрата тромбоцитов // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 1. С. 62–71,

EDN: <https://elibrary.ru/SYNQRA>

For citation: Grishina G. V., Golovanova I. S., Lastochkina D. V., Kasyanov A. D., Tarkovskaya L. R., Smirnova O. A., Bessmeltsev S. S. Evaluation of additional processing (leukoreductivity, pathogen reduction, irradiation) effect on activation status of platelet concentrate: original article // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 1. P. 62–71,

EDN: <https://elibrary.ru/SYNQRA>

EVALUATION OF ADDITIONAL PROCESSING (LEUKOREDUCTIVITY, PATHOGEN REDUCTION, IRRADIATION) EFFECT ON ACTIVATION STATUS OF PLATELET CONCENTRATE

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 clinical efficacy of transfusions and patient safety directly depend on the quality of the platelet concentrate (PC). Factors related to donor characteristics, as well as the characteristics of the resulting PC, influence the clinical efficacy of transfusion. This article presents current literature and our own data on the impact of additional processing on the degree of activation, metabolism, aggregation, and procoagulant activity of apheresis platelet concentrates.

OBJECTIVE. To study the effect of additional processing: leukoreduction, irradiation, pathogen reduction on platelet activation indices based on the dynamics of microparticle formation during storage periods.

MATERIALS AND METHODS. The study involved platelet concentrates prepared by apheresis in accordance with established requirements. After preparation, each PC sample was assessed for platelet microparticle formation and for the metabolism of aggregation and procoagulant activity after 5 days of storage. These parameters were measured before and after additional PC processing. Platelet microparticle size measurements in the PC samples were performed using flow cytometry.

RESULTS. The studies found that additional processing of platelet concentrates, such as leukoreduction by filtration and centrifugation, as well as irradiation, did not affect the quality and functionality of PC. However, after pathogen reduction, the level of platelet microparticles in the platelet concentrate decreased proportionally to the decrease in platelet count.

DISCUSSION. An analysis of platelet microparticle content during storage was conducted, characterizing platelet activation dynamics. The study yielded data on the maintenance of specified platelet safety parameters and hemostatic activity, regardless of additional processing. Using these results, it is possible to differentiate between components with high and low platelet microparticle content.

CONCLUSION. Quantitative determination of platelet microparticles allows differentiation between activated components (with a high microparticle content) and non-activated components (with a low microparticle content), which should be taken into account when conducting transfusion therapy. Further improvements in platelet concentrate preparation and storage technologies will contribute to improved quality and increased effectiveness of transfusion therapy in healthcare organizations.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, transfusion, platelet concentrate, microparticles, flow cytometry

Введение. Образование микрочастиц стимулируется действием патогенов, стрессом, различного рода повреждениями и прочими неблагоприятными факторами [1]. Среди всех микрочастиц, находящихся в крови, микрочастицы тромбоцитов (МЧ) являются наиболее многочисленными. Тромбоцитарные микрочастицы усиливают формирование межклеточных контактов и способствуют развитию воспалительных реакций. Взаимодействуя с лейкоцитами, микрочастицы тромбоцитов повышают их адгезивность, активируют процесс взаимодействия нейтрофильных

гранулоцитов как с эндотелиальными клетками, так и с тромбоцитами [2].

Донорская кровь и ее компоненты могут содержать клеточные фрагменты из различных клеток, в первую очередь из активированных тромбоцитов. Компоненты крови, содержащие тромбоциты, должны находиться в условиях, которые гарантируют оптимальное сохранение их жизнеспособности и гемостатической активности [3]. Уровень содержания микрочастиц как отражение фрагментации и гетерогенности тромбоцитов может соответствовать требова-

ниям к универсальному показателю оценки качества производства, хранения, жизнеспособности, функции и совместимости тромбоцитов.

Появляется все больше доказательств того, что выработка МЧ запускается во время донации, разделения на компоненты и хранения крови, что может приводить к тромботическим и воспалительным побочным эффектам у реципиентов при проведении трансфузионной терапии [4]. Качество тромбоцитов должно соответствовать задачам переливания [5]. В клинической практике концентраты тромбоцитов (КТ) используются для разных целей, и на клинические результаты могут влиять многие факторы [6, 7]. Пациенты, получающие многократные переливания тромбоцитов, подвержены риску инфекции, гемолитических и негемолитических реакций, развитию рефрактерности [8].

В настоящее время в рутинной практике отсутствуют тесты *in vitro*, позволяющие выявлять различия между компонентами, исходя из их эффективности, для того или иного реципиента. При активации тромбоцитов на выработку микрочастиц влияет процедура донации, разделение на компоненты и, возможно, дополнительная обработка: лейкоредукция, облучение, патогенредукция. Непосредственная цель лейкоредукции – удаление лейкоцитов из компонентов крови с редукцией их содержания до значения $< 1 \cdot 10^6$ на одну единицу. Содержание лейкоцитов $< 1 \cdot 10^6$ в концентратах тромбоцитов снижает риск иммунных негемолитических посттрансфузионных осложнений и реакций. Доказано, что значительная элиминация лейкоцитов может быть достигнута с использованием специальных фильтров или лейкоредуцирующих камер, позволяющих удалить 99,99 % лейкоцитов от их общего количества в компонентах крови [9, 10].

Реакция «трансплантат против хозяина» (РТПХ) происходит при введении иммунокомпетентных лимфоцитов иммунонекомпетентному хозяину (реципиенту), не способному уничтожить донорские лимфоциты [11]. Иммунокомпетентные донорские лимфоциты приживаются в организме реципиента, распознают клетки хозяина как чужеродные и вызывают повреждения его собственных тканей. Часто РТПХ наблюдается после аллогенной трансплантации гемопоэтической ткани и как

редкое осложнение встречается после переливания клеточных компонентов крови, контаминированных лимфоцитами донора с естественной пролиферативной активностью. Облучение компонентов крови ионизирующим излучением в настоящее время является практически единственным распространенным и широко используемым методом снижения риска развития РТПХ. Считается, что гамма- или рентгеновское облучение компонентов крови в суммарной облученной дозе (СОД) от 25 до 50 Гр предотвращает развитие РТПХ за счет блокирования пролиферации лимфоцитов, но функции других клеток крови сохраняются.

Основными задачами технологии патогенредукции является максимальное снижение патогенной нагрузки на гемокомпонент, инактивация остаточных донорских лейкоцитов, обеспечение максимальной сохранности клеток и белков крови [12]. При облучении ультрафиолетовым (УФ) светом рибофлавин связывается с нуклеиновыми кислотами патогенов, что приводит к их модификации. Повреждения, вызванные рибофлавином, носят необратимый характер, так как нарушаются процессы репликации и репарации. Патогенредукция с помощью применения УФ светом и рибофлавина существенно уменьшает инфекционную нагрузку как оболочечных, так и безоболочечных вирусов, паразитов и бактерий. Рибофлавин – безопасное вещество, отнесенное к категории безвредных продуктов. После проведения патогенредукции по этой технологии не требуется удаления рибофлавина из компонентов. Приживаемость и длительность циркуляции у реципиентов тромбоцитов, обработанных рибофлавином, находятся в пределах допустимых величин [12, 13].

Цель. Изучить влияние дополнительной обработки: лейкоредукции, облучения, патогенредукции на показатели активации тромбоцитов по динамике образования микрочастиц на сроках хранения.

Материалы и методы. Для обеспечения высокого качества и безопасности компонентов крови, заготавливаемых методом афереза, особенно концентрата тромбоцитов, проводится комплексное лабораторное обследование не только донора, но и заготовленного компонента. Объектом исследования являлись образцы КТ, заготовленные методом афереза у активных (кадровых) доноров. Доноров обследу-

довали в соответствии с требованиями нормативных документов. Все исследуемые концентраты тромбоцитов были заготовлены методом автоматического афереза согласно установленным требованиям на аппаратах для цитафереза MCS+ (Haemonetics Corporation, США), метод фильтрации на Trima Accel (Terumo BCT Inc., США), метод центрифугирования. Одним из важных показателей функционального состояния тромбоцитов является степень их активации, определяемая по уровню тромбоцитарных микрочастиц. При исследовании влияния методов лейкоредукции на статус активации тромбоцитов получено 49 образцов концентрата тромбоцитов, заготовленных с использованием аппарата для цитафереза MCS+, и 21 образец КТ, заготовленный на Trima Accel. Лейкоредукция на аппарате MCS+ осуществляется методом фильтрации. С целью удаления лейкоцитов используют встроенные лейкоцитарные фильтры: 997CF-E для получения концентрата тромбоцитов, заготовленного на плазме, и 999F-E для сбора концентрата тромбоцитов, заготовленного в добавочном растворе. Аппарат Trima Accel снабжен системой LRS (leukocyte reduction system) для удаления лейкоцитов за счет центробежной силы. Кроме того, проведено исследование влияния облучения в 10 образцах КТ. Процедуру облучения проводили в день приготовления КТ на аппарате «Ардок-1» (НПП «ВЭЛИТ», Россия), предназначенном для облучения донорской крови и ее компонентов рентгеновскими лучами. Доза облучения для всех контейнеров концентратов тромбоцитов общим объемом не более трех литров, размещенных в лотке аппарата в несколько слоев, при облучении в течение 45 мин составляет не менее 25 Гр в центральной плоскости лотка и до 30–32 Гр в верхней и нижней плоскостях лотка. В соответствии с постановлением Правительства РФ от 14.05.2025 № 641 «Об утверждении правил заготовки, хранения, транспортировки и клинического использования донорской крови и ее компонентов» доза рентгеновского или гамма-облучения должна составлять 25–50 Гр.

Проведено также исследование 7 образцов КТ, полученных методом афереза, и патогенредуцированных. Процедуру патогенредукции проводили на следующий день после получения компонента. С целью патогенредукции использовали систему Mirasol (Terumo BCT,

Бельгия). В системе Mirasol для инактивации патогенов в компонентах крови использовали свойство УФ излучения с длиной волны 370 нм и рибофлавина.

Для определения количества и среднего объема тромбоцитов (MPV) использовали автоматический гематологический анализатор SMART 5 (URIT Medical Electronic Group Co., Ltd, Китай). Содержание тромбоцитарных микрочастиц определяли методом проточной цитометрии с использованием цитофлуориметра CytoFLEX (Beckman Coulter, США) путем бокового рассеяния излучения фиолетового лазера. Пробы анализировались в течение 30 мин после окрашивания. Использовали установленную при запуске цитометра конфигурацию фильтра, которая не требует ежедневной настройки. Идентификацию микрочастиц производили с применением моноклональных антител Anti-Hu CD41 – APC (Clone MEM-06) к поверхностным маркерам тромбоцитов. С помощью калибровочных частиц известного размера выполняли гейтирование, и выделяли область для определения тромбоцитарных МЧ. Согласно используемому протоколу, для каждого образца набиралось 10^6 событий. Дополнительно проводили биохимические исследования параметров pH, глюкозы и лактата на анализаторе ABL 800 FLEX (Radiometer Medical ApS, Дания). Агрегационные свойства тромбоцитов исследовали по методу Борна на 4-канальном анализаторе агрегации тромбоцитов АТ-2 (НПФ «МедТех», Россия). В работе использовали реактивы CRONO-PAR® фирмы CRONO-LOG (США). Агрегационную активность КТ определяли по максимальной амплитуде агрегации (МА, %). Для оценки прокоагулянтной активности ТК использовали метод тромбоэластометрии. Тромбоэластограмму анализировали на тромбоэластографе TEG® 5000 (Haemoscope Corporation, США), позволяющем определять физические свойства сгустка. Исследования проводили в КТ с добавлением коллагена и хлористого кальция согласно инструкции к прибору. Для исследования использовали максимальную амплитуду тромбоэластограммы (МА, мм), время образования сгустка (R, мин) и силу упругости сгустка (G, дин/сек).

Результаты исследования представлены в виде медианы (Me) первого и третьего квартиля (Q1 – Q3). Для оценки различий между дву-

мя зависимыми группами использовали критерий Вилкоксона. Статистически значимые различия определяли при $p < 0,05$.

Результаты. На первом этапе сравнивали влияние методов лейкоредукции на КТ в день заготовки (MCS^+ – проточной фильтрацией и Trima Accel – камера LRS). Данные по динамике количества тромбоцитов, микрочастиц и среднего объема представлены в табл. 1. Необходимо отметить изначально большее количество тромбоцитов на аппарате Trima Accel. Несмотря на это, пропорциональное соотношение тромбоцитов к микрочастицам в обеих исследуемых группах было одинаковым и составило 1,15. Средний объем тромбоцитов в полученных концентратах существенно не отличался и находился на нижней границе нормы (средний объем тромбоцитов в норме варьирует от 7,40 до 10,54 фл.).

Параметрами метаболических изменений в КТ служат такие показатели, как потребление глюкозы, приводящее к накоплению лактата, которое, в свою очередь, приводит к ацидозу [14]. Изменения pH, концентраций глюкозы и лактата на сроках хранения в КТ представлены в табл. 1.

При оценке результатов, представленных в табл. 1, установлено, что значение pH в КТ, заготовленных на аппарате Trima Accel, статистически значимо выше, чем на аппарате

MCS^+ , но все значения соответствуют требованиям нормативной документации. Содержание глюкозы было выше в КТ, приготовленных на аппарате MCS^+ , поскольку в компонентах, полученных на аппарате Trima Accel, преобладают КТ, заготовленные на добавочном растворе. Сравнительная оценка изменения содержания лактата была закономерно выше в группе КТ, заготовленных на Trima Accel.

При проведении агрегометрии для исследования сохранности функциональной активности тромбоцитов были выбраны индукторы АДФ, коллаген и ристомин. Результаты показателей агрегации представлены в табл. 1. Значимых различий влияния методов лейкоредукции на способность к агрегации тромбоцитов с индукторами АДФ, коллагеном и ристоминном не выявлено. Следовательно, можно сделать вывод о сохранении способности КТ к агрегации.

Параметры тромбоэластограммы статистически значимо не различались при разных способах лейкоредукции. Время до начала образования сгустка (R, мин) было около 8 мин и соответствовало верхней границе нормы для показателя в крови здорового человека (2–8 мин) при аналогичном способе исследования. Максимальная амплитуда тромбоэластограммы (МА) составляла в среднем от 79,1 до 76,9 мм и была выше референтных значений

Таблица 1

Влияние методов лейкоредукции на изменение тромбоцитарных параметров

Table 1

The influence of leukoreduction methods on changes in platelet parameters

Параметр исследования	Me ($Q_1 - Q_3$)		p
	MCS^+ , n = 49	Trima Accel, n = 21	
Тромбоциты (10^9 /л)	963 (868–1236)	1105 (1073–1286)	0,207
MPV (фл),	8,7 (8,3–9,4)	8,3 (7,8–9,1)	0,166
Количество МЧ (абс.)	10126 (5942–14673)	11666 (7728–18769)	0,200
pH	6,98 (6,97–7,02)	7,11 (7,07–7,14)	<0,001
Глюкоза (ммоль/л)	10,3 (8,5–20,0)	5,8 (5,3–7,2)	<0,001
Лактат (ммоль/л)	6,98 (6,97–7,02)	7,11 (7,07–7,14)	<0,001
Агрегация с АДФ, МА (%)	38,0 (12,7–52,0)	11,1 (7,5–39,2)	0,135
Агрегация с коллагеном, МА (%)	60,0 (54,7–64,1)	56,1 (34,0–64,5)	0,305
Агрегация с ристоминном, МА (%)	77,3 (64,5–81,6)	74,5 (62,2–84,8)	0,970
R (мин)	7,7 (7,0–8,9)	8,3 (6,7–10,6)	0,521
G (дин/сек)	19,0 (13,7–27,1)	18,5 (13,2–20,6)	0,678
МА (мм)	79,1 (73,3–84,3)	76,9 (71,7–80,0)	0,208

для показателя крови здорового человека (51–69 мм), а сила упругости сгустка (G) составляла в среднем от 18,5 до 19,0 дин/сек и была выше референтных значений (4,6–10,9 дин/сек) при аналогичном способе исследования, что говорит о высоких прокоагулянтных свойствах заготовленных КТ. Не выявлено существенных различий всех исследуемых параметров с лейкофильтрацией или без нее. Таким образом показано, что метод лейкоредукции по технологии флюидизированного слоя частиц (камера LRS, Trima Accel) и проточной фильтрацией (MCS⁺) не влияет на процесс выработки тромбоцитарных микрочастиц.

В 10 образцах КТ, полученных методом афереза, проведено исследование влияния облучения на параметры тромбоцитов. Данные по динамике количества тромбоцитов, микрочастиц и среднего объема представлены в табл. 2.

Было установлено, что облучение не приводит к снижению количества тромбоцитов в концентрате тромбоцитов и не влияет на их объем. Анализ влияния облучения на параметры КТ выявил, что после процедуры уровень тромбоцитарных микрочастиц незначительно повышается (18,7 %), но без статистической значимости. Возможно, увеличение тромбоцитарных микрочастиц связано с влиянием на активацию тромбоцитов процедуры заготовки компонента.

Результаты параметров метаболизма, агрегационной и коагуляционной активности приведены в табл. 2. Отметим, что показатели метаболизма остались неизменными после облучения. Стоит подчеркнуть, что параметры агрегационной и коагуляционной активности до и после облучения также не имели значимых отличий. Исключение составило время образования сгустка (R, мин), для которого получено значимое увеличение после процедуры облучения, но данный параметр не имеет прямого влияния на коагуляционную активность. Следовательно, процедура облучения не оказывает воздействия на активацию тромбоцитов и выработку тромбоцитарных микрочастиц.

В 7 образцах КТ, полученных методом афереза, исследовано влияние патогенредукции на параметры тромбоцитов. Процедуру патогенредукции проводили на следующий день после получения компонента. Данные по динамике количества тромбоцитов, микрочастиц и среднего объема представлены в табл. 3.

Количество тромбоцитов, присутствующих в концентрате, является еще одним параметром, оцениваемым для контроля их качества. При оценке влияния патогенредукции было отмечено достоверное снижение количества тромбоцитов в КТ. Уровень тромбоцитарных микрочастиц в концентрате тромбоцитов после патогенредукции снижается незначитель-

Таблица 2
Изменение параметров тромбоцитарных до и после облучения (Me, Q₁–Q₃)

Table 2

Changes in platelet parameters before and after irradiation (Me, Q₁–Q₃)

Параметр исследования	Me (Q ₁ – Q ₃)		p
	до облучения, n = 10	после облучения, n = 10	
Тромбоциты (10 ⁹ /л)	1329 (1219–1539)	1330 (1236–1486)	0,333
MPV (фл),	8,3 (7,8–8,7)	8,1 (7,7–8,7)	0,246
Количество МЧ (абс.)	10638 (3575–15477)	12632 (9964–33057)	0,093
pH	7,06 (6,99–7,10)	7,06 (7,04–7,08)	0,575
Глюкоза (ммоль/л)	12,0 (6,2–18,5)	12,0 (6,2–18,4)	0,491
Лактат (ммоль/л)	1,2 (0,8–1,7)	1,4 (0,9–1,9)	0,004
Агрегация с АДФ, МА (%)	23,7 (7,4–40,3)	22,9 (6,5–41,8)	0,878
Агрегация с коллагеном, МА (%)	54,7 (34,5–65,2)	56,5 (21,4–67,7)	0,878
Агрегация с ристомидином, МА (%)	69,5 (63,8–79,7)	69,8 (66,3–77,7)	0,507
R (мин)	6,45 (6,2–7,6)	7,1 (6,4–8,7)	0,012
G (дин/сек)	18,0 (15,4–20,2)	17,9 (14,7–22,0)	0,838
МА (мм)	78,2 (75,1–80,1)	77,7 (73,7–79,4)	0,285

Таблица 3

Изменение тромбоцитарных параметров до и после патогенредукции (Me, Q₁–Q₃)

Table 3

Changes in platelet parameters before and after pathogen reduction (Me, Q₁–Q₃)

Параметр	Me (Q ₁ – Q ₃)		p
	до патогенредукции, n = 7	После патогенредукции, n = 7	
Тромбоциты (10 ⁹ /л)	1268 (1187–1437)	1105 (1073–1286)	0,043
MPV (фл),	8,3 (7,9–10,0)	8,7 (7,5–9,6)	0,357
Количество МЧ (абс.)	18835 (12821–28021)	16785 (5064–21848)	0,08
pH	6,99 (6,98–7,11)	6,94 (6,88–7,02)	0,043
Глюкоза (ммоль/л)	7,1 (5,7–8,1)	5,9 (4,7–7,0)	0,08
Лактат (ммоль/л)	1,1 (0,8–3,1)	3,3 (2,3–3,7)	0,08
Агрегация с АДФ, МА (%)	0,9 (0,7–7,2)	1,2 (1,0–1,35)	0,656
Агрегация с коллагеном, МА (%)	22,2 (3,4–45,1)	0,4 (0,2–0,9)	0,043
Агрегация с ристомидином, МА (%)	78,5 (69,1–85,0)	56,5 (27,7–73,3)	0,043
R (мин)	8,0 (6,8–8,9)	10,2 (9,0–91,3)	0,068
G (дин/сек)	15,0 (9,7–17,1)	4,3 (0,2–13,9)	0,068
МА (мм)	75,0 (64,3–77,2)	46,4 (3,4–73,5)	0,068

но и пропорционально снижению количества тромбоцитов.

Результаты показателей метаболизма, агрегационной и коагуляционной активности приведены в табл. 3. Эта технология увеличивает процессы активации тромбоцитов и метаболизм, что, в свою очередь, увеличивает потребление глюкозы и выработку молочной кислоты [15, 16]. При оценке изменений метаболизма установлено незначительное понижение содержания глюкозы и нарастание содержания лактата. Однако статистически значимые различия между группами получены только для значения pH, для которого выявлено снижение после проведенной процедуры. Патогенредукция также оказывала влияние на показатели агрегационной активности, что выражалась в снижении агрегации с индукторами АДФ и коллагеном, при этом агрегация с ристомидином оставалась на достаточно высоком уровне, что свидетельствует о сохранности внешней мембраны тромбоцитов и возможности коагуляционного каскада. Приведенные данные показывают, что показатели коагуляционной активности КТ, несмотря на снижение, не имели статистически достоверных различий до и после патогенредукции.

Обсуждение. Концентрат тромбоцитов должен соответствовать определенным критериям качества, установленным процессам контроля качества. Качество КТ является первостепен-

ным в обеспечении эффективности трансфузий и профилактике тяжелых посттрансфузионных реакций. Эти процессы оценивают различные параметры, включая биохимические, физические и функциональные характеристики тромбоцитов. Для каждого параметра учитывается время и частота тестирования [3].

При оценке результатов исследования установлено, что показатели безопасности КТ (количество заготовленных клеток, остаточное содержание лейкоцитов и уровень pH), приготовленных различными методами на двух моделях клеточных сепараторов, значимо не отличались и соответствовали требованиям национальных документов. На выработку тромбоцитарных микрочастиц может повлиять процедура донации, разделение на компоненты, дополнительная обработка [17–22]. К основным мероприятиям по обеспечению безопасности КТ относится дополнительная обработка: лейкоредукция, облучение и патогенредукция, влияющие, по результатам исследования, на статус активации тромбоцитов [18, 19]. Лейкодеплеция является одним из самых доступных методов повышения качества КТ. Основными задачами технологии патогенредукции являются максимальное снижение патогенной нагрузки на гемокомпонент, инактивация остаточных донорских лейкоцитов и обеспечение максимальной сохранности

клеток и белков крови [13, 20, 21]. По данным Е. В. Рожкова и соавт., установлено, что к концу срока годности существует риск бактериального роста, в первую очередь, при применении системы «Мирасол» [13]. Количество тромбоцитов, обработанных по технологии «Мирасол», значимо уменьшается как по сравнению с исходным показателем ($p < 0,001$), так и относительно количества тромбоцитов из группы «Интерсепт» ($p < 0,001$). Авторами показано, что в процессе хранения концентратов тромбоцитов внутренняя среда контейнеров меняется в кислую сторону, причем на 5-е сутки pH тромбоцитов в группе «Мирасол» значимо ниже, чем в группе «Интерсепт» ($p < 0,05$). Эти данные соответствуют полученным значениям pH в нашем исследовании, снижению параметра после процедуры патогенредукции.

Заключение. В результате проведенных исследований установлено, что дополнительная обработка концентратов тромбоцитов как лейкоредукция методами фильтрации и центрифугирования, так и облучение не оказывают влияния на качество и функциональную способность КТ.

Однако процедура патогенредукции приводит к снижению количества тромбоцитов. Показано значимое ухудшение показателей – pH, уровня глюкозы и содержания лактата после патогенредукции. Процедура также вызвала падение агрегирующей способности тромбоцитов. Имело место ухудшение коагуляционной активности КТ, но из-за большого разброса данных статистически значимых различий обнаружено не было. Поскольку выборка наблюдений результатов патогенредукции слишком мала (7 случаев), для подтверждения полученных результатов необходимы дополнительные исследования.

Таким образом, были получены данные, свидетельствующие об отсутствии существенного уменьшения количества тромбоцитов и изменения величины среднего объема при дополнительной обработке КТ. При этом наблюдалось увеличение уровня активации тромбоцитарных микрочастиц. Установлено, что КТ, прошедшие дополнительную обработку, сохраняют регламентированные показатели качества и достаточную прокоагулянтную активность при хранении в стандартных условиях.

Сведения об авторах:

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

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

Ласточкина Дарья Вячеславовна – кандидат медицинских наук, научный сотрудник НИЛ гемотрансфузионных технологий, Российский НИИ гематологии и трансфузиологии ФМБА РФ; 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 РФ; Россия, 191024, Санкт-Петербург, ул. 2-я Советская, д. 16; SPIN:4955-8154; ORCID: 0000-0002-3597-664X; e-mail: bloodscience@mail.ru

Тарковская Лана Ростиславовна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник НИО патологии гемостаза, Российский НИИ гематологии и трансфузиологии ФМБА РФ; Россия, 191024, Санкт-Петербург, ул. 2-я Советская, д. 16; SPIN:9786-7782; ORCID: 0000-0002-5227-1158; e-mail: bloodscience@mail.ru

Смирнова Ольга Анатольевна – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник НИО патологии гемостаза, Российский НИИ гематологии и трансфузиологии ФМБА РФ; Россия, 191024, Санкт-Петербург, ул. 2-я Советская, д. 16; SPIN:4151-9060; ORCID: 0000-0001-5060-5102; e-mail: bloodscience@mail.ru

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

Information about the authors

Galina V. Grishina – Cand. of Sci. (Biol.), senior 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

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

Daria V. Lastochkina – Cand. 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 – Cand. 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

Lana R. Tarkovskaya – Cand. of Sci. (Biol.), senior researcher at the Research Laboratory of Hemostasis Pathology, 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: 0000-0002-5227-1158; e-mail: bloodscience@mail.ru

Olga A. Smirnova – Cand. of Sci. (Med.), senior Researcher, Research Institute of Hemostasis Pathology, 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: 0000-0001-5060-5102; 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, И. С. Голованова, А. Д. Касьянов; статистическая обработка материала – Г. В. Гришина, Д. В. Ласточкина; подготовка рукописи – Г. В. Гришина, И. С. Голованова, Л. Р. Тарковская, О. А. Смирнова, 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, ISG, ADK concept and design; GVG, DVL statistical processing of the material; GVG, ISG, LRT, OAS, SSB – preparation of the manuscript.

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

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 (Protocol No. 35 dated July 17, 2025).

Потенциальный конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. 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: 10.12.2025

Принята к печати/Accepted: 15.03.2026

Опубликована/Published: 30.03.2026

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Burnouf T., Goubran H.A., Chou M. L., Devos D., Radosevic M. Platelet microparticles: detection and assessment of their paradoxical functional roles in disease and regenerative medicine. *Blood Rev*, 2014, 28(4), pp.155–166. doi: 10.1016/j.blre.2014.04.002.
2. Maurer–Spurej E., Larsen R., Labrie A., Heaton A., Chipperfield K. Microparticle content of platelet concentrates is predicted by donor microparticles and is altered by production methods and stress. *Transfus Apher Sci*, 2016, 55(1), pp. 35–43. doi: 10.1016/j.transci.2016.07.010.
3. Данильченко В. В., Чечеткин А.В., Григорьян М. Ш. и др. Применение методов афереза для заготовки компонентов донорской крови в службе крови Российской Федерации // *Трансфузиология*. 2017. № 1. С. 4–14 [Danilchenko V. V., Chechetkin A. V., Grigoryan M. Sh., et al. Application of apheresis methods for the preparation of donor blood components in the blood service of the Russian Federation. *Transfusiology*, 2017, No. 1, pp. 4–14. (In Russ.)].
4. Saas P., Angelot F., Bardiaux L., Seilles E., Garnache–Ottou F., Perruche S. Phosphatidylserine–expressing cell by–products in transfusion: A pro–inflammatory or an anti–inflammatory effect? *Transfus Clin Biol*, 2012, 19(3), pp.90–97. doi: 10.1016/j.traci.2012.02.002.
5. Хамитов Р. Г., Гаврилей А. В., Дрожжина И. Е. и др. Трудности внедрения пулированных тромбоцитов // *Тромбоз, гемостаз и реология*. 2022. № 4. С. 22–29 [Khamitov R. G., Gavriley A. V., Drozhzhina I. E., et al. Difficulties in the introduction of pooled platelets. *Thrombosis, hemostasis and rheology*, 2022, No. 4, pp. 22–29 (In Russ.)]. doi: 10.25555/THR.2022.4.1037.
6. Marini I., Rigoni F., Zlamal J., Pelzl L., Althaus K., Nowak–Harnau S., et al. Blood donor–derived buffy coat to produce platelets in vitro. *Vox Sang*, 2020, 115(1), pp. 94–102. doi: 10.1111/vox.12863.
7. Гапонова Т. В., Капранов Н. М., Тихомиров Д. С., Булгаков А. В., Одиноченко Ю. А., Шайдурова К. В. и др. Характеристика основных тенденций в работе службы крови Российской Федерации в 2016–2020 годах // *Гематология и трансфузиология*, 2022, Т. 67, №. 3, С. 388–397 [Gaponova T. V., Kapranov N. M., Tikhomirov D. S., Bulgakov A. V., Odiuchenko Yu. A., Shaidurova K. V., et al. Characteristics of the main trends in the work of the blood service of the

- Russian Federation in 2016–2020. *Hematology and Transfusiology*, 2022, Vol. 67, No. 3, pp. 388–397 (In Russ.). doi: 10.35754/0234-5730-2022-67-3-388-397
8. Castrillo A., Jimenez–Marco T., Arroyo J. L., Jurado M. L., Larrea L., Maymo R. M., et al. Collection, storage, inspection and quality control of platelet concentrates obtained by apheresis: the situation in Spain. *Transfus Apher Sci*, 2017, 56(3), pp. 357–361. doi: 10.1016/j.transci.2017.02.002.
 9. Bianchi M., Vaglio S., Pupella S., Marano G., Facco G., Liumbruno G. M., et al. Leucoreduction of blood components: an effective way to increase blood safety? *Blood Transfus*, 2016, 14(2), pp. 214–227. doi: 10.2450/2015.0154-15.
 10. Napolitano M., Mancuso S., Raso S., LoCoco L., Arfò P. S., De Francisci G., et al. Buffy coat–derived platelets cryopreserved using a new method: Results from a pivotal clinical trial on thrombocytopenic patients with acute leukaemia. *Transfus Apher Sci*, 2019, 58(6), pp. 102666. doi: 10.1016/j.transci.2019.10.008.
 11. Sharma R. R., Marwaha N. Leukoreduced blood components: Advantages and strategies for its implementation in developing countries. *Asian J Transfus Sci*, 2010, 4(1), pp. 3–8. doi: 10.4103/0973-6247.59384.
 12. Чечеткин А. В., Касьянов А. Д., Солдатенков В. Е., Макеев А. Б. Влияние инактивации патогенов на качество и показатели биологической полноценности компонентов донорской крови // *Medline.ru*. 2015. № 16. С. 779–790 [Chechetkin A. V., Kasyanov A. D., Soldatenkov V. E., Makeev A. B. The influence of pathogen inactivation on the quality and indicators of biological adequacy of donor blood components. *Medline.ru*, 2015, No. 16, pp. 779–790 (In Russ.)].
 13. Рожков Е. В., Кожемяко О. В., Рожкова Н. С., Курманова О. В., Давидович М. А., Похабов Д. С., Мадзаев С. П. Хранение патогенредуцированных тромбоцитов // *Гематология и трансфузиология*. 2023, 68(2), С.195–201 [Rozhkov E. V., Kozhemyako O. V., Rozhkova N. S., Kurmanova O. V., Davidovich M. A., Pokhabov D. S., Madzaev S. P. Storage of pathogen–reduced platelets. *Hematology and transfusiology*, 2023, 68(2), pp. 195–201 (In Russ.)]. doi:10.35754/0234-5730-2022-68-2-195-201.
 14. Manasa K., Vani R. Influence of Oxidative Stress on Stored Platelets. *Adv Hematol*, 2016, No. 2016, pp. 4091461. doi: 10.1155/2016/4091461.
 15. Janetzko K., Hinz K., Marschner S., Goodrich R., Klüter H. Evaluation of Different Preparation Procedures of Pathogen Reduction Technology (Mirasol®)–Treated Platelets Collected by Plateletpheresis. *Transfus Med Hemother*, 2009, 36(5), pp. 309–315. doi: 10.1159/000230038.
 16. Van der Meer P. F., Ypma P. F., van Geloven N., van Hilten J. A., van Wordragen–Vlaswinkel R. J., Eissen O., et al. Hemostatic efficacy of pathogen–inactivated vs untreated platelets: a randomized controlled trial. *Blood*, 2018, 132(2), pp. 223–231. doi: 10.1182/blood-2018-02-831289.
 17. Гришина Г. В., Касьянов А. Д., Бессмельцев С. С. Условия хранения концентрата тромбоцитов в учреждениях службы крови // *Вестник гематологии*. 2025. 21(3). С. 27–33 [Grishina G. V., Kasyanov A. D., Bessmeltsev S. S. Storage conditions of platelet concentrate in blood service institutions. *Bulletin of Hematology*, 2025, Vol. 21 (3), pp. 27–33 (In Russ.)].
 18. Gao M., Zhang B., Zhang Y., Chen Y., Xiong J., Wang J., et al. The effects of apheresis, storage time, and leukofiltration on microparticle formation in apheresis platelet products. *Transfusion*, 2018, 58(10), pp. 2388–2394. doi: 10.1111/trf.14890.
 19. van der Meer P. F., de Korte D. Platelet Additive Solutions: A Review of the Latest Developments and Their Clinical Implications. *Transfus Med Hemother*, 2018, 45(2), pp. 98–102. doi: 10.1159/000487513.
 20. Гришина Г. В., Ласточкина Д. В., Касьянов А. Д., Голованова И. С., Бессмельцев С. С. Оценка микрочастиц в концентрате тромбоцитов в зависимости от патогенредукции: пилотное исследование // *Морская медицина*. 2025. Т.11, №1. С. 104–111 [Grishina G. V., Lastochkina D. V., Kasyanov A. D., Golovanova I. S., Bessmeltsev S. S. Evaluation of microparticles in platelet concentrate depending on pathogen reduction: a pilot study. *Marine Medicine*, 2025, Vol. 1, No 1, pp. 104–111 (In Russ.)]. doi: 10.22328/2413-5747-2025-11-1-104-111.
 21. Похабов Д. С., Шестаков Е. А., Мадзаев С. Р., Романенкова А. С., Шалыгин Л. Д. и др. Валидация удаленной постановки патогенредуцированных тромбоцитов // *Тромбоз гемостаз и реология*. 2025. № 1. С. 53–56 [Pokhabov D. S., Shestakov E. A., Madzaev S. R., Romanenkova A. S., Shalygin L. D., et al. Validation of remote production of pathogen–reduced platelets. *Thrombosis hemostasis and rheology*, 2025, No. 1, pp. 53–56 (In Russ.)].
 22. McDonald C. P., Bearne J., Aplin K., Sawicka D. Assessing the inactivation capabilities of two commercially available platelet component pathogen inactivation systems: Effectiveness at end of shelf life. *Vox Sang*, 2021, 116(4), pp. 416–24. doi: 10.1111/vox.13040.

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛИЦ, ПОДВЕРГШИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ ВИТАЛЬНОЙ УГРОЗЫ: РЕТРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Л. О. Марченко, С. Н. Левич, Е. О. Филиппова, И. И. Дорофеев*, В. В. Юсупов, А. Н. Ятманов
Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

ЦЕЛЬ. Изучить мотивационные характеристики, личностные и поведенческие особенности лиц, выполнявших профессиональную деятельность в условиях воздействия витальной угрозы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В исследовании принял участие 121 человек в возрасте от 25 до 40 лет, 95 из них выполняли профессиональные служебные обязанности в ситуации воздействия витальной угрозы, 26 человек составляли группу сравнения. Использовались методики, направленные на оценку психического состояния, личностных особенностей, признаков ПТСР и социальной фрустрированности.

РЕЗУЛЬТАТЫ. По результатам исследования, у всех обследованных не было выявлено случаев клинического проявления ПТСР. Наблюдаемые отдельные признаки ПТСР оставались в пределах нормативных значений. Основными проявлениями фактора витальной угрозы при выполнении профессиональных обязанностей выступали усугубление некоторых личностных черт и изменение поведенческих паттернов в сторону повышения эмоционального напряжения, большей агрессивности, стеничности, ригидности установок, меньшей эмоциональной лабильности. Выраженность таких личностных свойств, как стеничность и ригидность, у лиц, подвергшихся воздействию витальной угрозы, может достигать уровня акцентуаций, а в сочетании с низкой способностью к компромиссам и неконформизмом приводить к затруднениям социально-психологической адаптации.

ОБСУЖДЕНИЕ. Полученные результаты дополняют сведения других авторов. Так, по результатам сравнительного анализа выявлены статистически значимые различия по индивидуально-психологическим особенностям личности и стилям межличностного общения. В группе лиц, подвергшихся витальной угрозе наблюдался более высокий уровень стеничности, ригидности и конфликтности. Вместе с тем показатели социабельности, лабильности, компромиссности и конформности поведения в этой группе достоверно ниже. Полученные результаты показывают, что, в сравнении с 1-й группой, лица из 2-й группы (подвергшейся витальной угрозе) характеризуются более выраженными стеничностью, инертными установками, педантизмом и настороженной подозрительностью, а также менее склонны к избеганию конфликтов при межличностном общении. На основании данных, полученных по шкалам опросника, можно предположить, что сниженная способность к компромиссным решениям в сочетании с более высокой ригидностью и стеничностью у лиц, подвергшихся воздействию витальной угрозы, может способствовать возникновению трудностей социальной интеграции в группу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. По результатам исследования, у лиц, выполнявших профессиональные обязанности в ситуации с витальной угрозой, выявлены отдельные признаки ПТСР, не выходящие за рамки нормативных значений, а также более высокая степень агрессивности, конфликтности и ригидности и менее выраженная склонность к компромиссам и конформному поведению.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, витальная угроза, психологические особенности, психическое состояние, посттравматические стрессовые расстройства, боевой психический стресс

*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., Юсупов В. В., Ятманов А. Н. Психологические особенности лиц, подвергшихся воздействию витальной угрозы: ретроспективное исследование // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 1. С. 72–78,
EDN: <https://elibrary.ru/YGUJSW>

For citation: Marchenko L. O., Levich S. N., Filippova E. O., Dorofeev I. I., Yusupov V. V., Yatmanov A. N. Psychological characteristics of individuals exposed to vital threat: a retrospective study // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 1. P. 72–78,
EDN: <https://elibrary.ru/YGUJSW>

© 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>

PSYCHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF INDIVIDUALS EXPOSED TO VITAL THREAT: A RETROSPECTIVE STUDY

*Larisa O. Marchenko, Elena O. Filippova, Svetlana N. Levich, Ivan I. Dorofeev *,
Vladislav V. Yusupov, Alexey N. Yatmanov*
Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

OBJECTIVE. To study the motivational characteristics, personality and behavioral characteristics of individuals who performed professional activities under conditions of exposure to a vital threat.

MATERIALS AND METHODS. The study involved 121 individuals aged 25 to 40 years, 95 of whom were performing professional duties in a life-threatening situation, and 26 individuals constituted a comparison group. Methods were used to assess mental state, personality traits, signs of PTSD, and social frustration.

RESULTS. According to the study results, no cases of clinical manifestations of PTSD were detected in any of the examined individuals. The observed individual signs of PTSD remained within normal limits. The main manifestations of the vital threat factor during the performance of professional duties were the exacerbation of certain personality traits and changes in behavioral patterns, including increased emotional stress, greater aggressiveness, sthenicity, rigid attitudes, and decreased emotional lability. The severity of such personality traits as sthenicity and rigidity in individuals exposed to vital threats can reach the level of accentuation, and, when combined with a low ability to compromise and nonconformism, lead to difficulties in social and psychological adaptation.

DISCUSSION. The obtained results complement the findings of other authors. Thus, a comparative analysis revealed statistically significant differences in individual psychological characteristics and interpersonal communication styles. The group of individuals exposed to a vital threat demonstrated higher levels of sthenicity, inflexibility, and conflict proneness. However, indicators of sociability, lability, compromise, and behavioral conformity were significantly lower in this group. The obtained results show that, compared to the first group, individuals in the second group (exposed to a vital threat) were characterized by more pronounced sthenicity, inert attitudes, pedantry, and wary suspicion, and were also less inclined to avoid conflict in interpersonal communication. Based on the data obtained from the questionnaire scales, it can be assumed that a reduced ability to compromise in combination with higher rigidity and sthenicity in individuals exposed to a vital threat may contribute to the emergence of difficulties in social integration into a group.

CONCLUSION. According to the results of the study, individuals who performed professional duties in a situation with a vital threat showed individual signs of PTSD that did not go beyond the normative values, as well as a higher degree of aggressiveness, conflict and rigidity and a less pronounced tendency to compromise and conformist behavior.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, vital threat, psychological characteristics, mental state, post-traumatic stress disorder, combat mental stress

Введение. Изучение психологических особенностей лиц, выполняющих профессиональные обязанности в экстремальных условиях, является крайне важным для своевременного выявления негативных последствий воздействия витальной угрозы и минимизации отдаленных последствий.

При возвращении к мирной жизни у лиц, подвергшихся воздействию витальной угрозы, проявляются признаки посттравматического стрессового расстройства (ПТСР) в виде соматических, когнитивных, эмоциональных, поведенческих и личностных нарушений [1]. В частности, у 75 % пациентов с ПТСР наблюдаются головные боли и чувство слабости в различных частях тела, 56 % указывают на тошноту, боли в области сердца, спине, головокружение, чувство тяжести в конечностях, онемение в различных частях тела, «ком в горле», 40 % обследованных беспокоит затруднение дыхания [2].

Согласно данным зарубежных исследований, у 30,6 % участвовавших в войне во Вьетнаме отмечены посттравматические стрессовые расстройства. Из них у 55,8 % были выявлены признаки пограничных нервно-психических расстройств, а также признаки нарушений социальной адаптации: отсутствие постоянной работы было в 5 раз выше, у 70 % были проблемы в семье, у 47,3 % наблюдались крайние формы изоляции от людей, у 40 % наблюдалась выраженная враждебность, у 36,8 % – нарушение закона [3, 4].

В ряде случаев в процессе адаптации к мирным условиям появлялись суицидальные мысли, необходимость подавлять агрессию и тревогу, алкоголизм, токсикомания, наркомания, антисоциальное поведение и преступления [5].

В процессе социально-психологической адаптации у лиц, перенесших витальную угрозу, отмечается неустойчивость психики, эмоциональные напряженность и обособленность,

повышенная раздражительность и агрессивность, беспричинные вспышки гнева, приступы страха и тревоги [6, 7]. К другим психическим явлениям, присутствующим у лиц, подвергшихся действию реальной витальной угрозы, относят состояние пессимизма, ощущение заброшенности, недоверие к людям, неспособность говорить о войне, потеря смысла жизни, неуверенность в своих силах, ощущение нереальности того, что происходило на войне, невозможность влиять на ход событий, быть открытым в общении с другими людьми, повышенная тревожность [8].

Несмотря на то что лица, побывавшие в экстремальной ситуации, связанной с воздействием витальной угрозы, могут производить впечатление внешне достаточно социально адаптированных и сохранять профессиональную работоспособность, выполняя необходимые социальные роли на работе, существует целый ряд исследований, указывающих на наличие признаков негативных внутриличностных изменений [9]. Сотрудники правоохранительных органов, подвергшиеся воздействию витальной угрозы, характеризовались негативными изменениями в эмоциональной и личностной сферах, касающимися эмоционального выгорания, агрессивности, тревожности и особенностей поведения в экстремальных ситуациях [10]. Эти личностные изменения могут носить накопительный эффект и в дальнейшем, при отсутствии своевременной психологической помощи, приводить к нарушениям социально-психологической адаптации [11].

Результаты обследования личного состава подразделений, проходящих службу в экстремальных условиях, показывают, что удовлетворительная внутренняя адаптация у подавляющего большинства сотрудников не достигается, а эффективность деятельности определяется напряжением функциональных резервов организма, что приводит к истощению ресурсов, значительной астенизации и психопатизации личности [12]. Это делает актуальным изучение психологических характеристик лиц, выполнявших свои профессиональные обязанности в условиях воздействия реальной витальной угрозы, с целью минимизации рисков развития дезадаптационных нарушений.

Цель. Изучить мотивационные характеристики, личностные и поведенческие особенности субъектов, выполнявших профессио-

нальную деятельность в условиях воздействия витальной угрозы.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 90 человек в возрасте от 25 до 40 лет, из них 64 перенесли витальную угрозу, 26 человек составили группу сравнения.

Для оценки мотивационной, личностной и эмоциональной сфер применяли следующие методики: опросник 5-ФЛЮ, 50-пунктовый опросник IPIP-варианта опросника «Маркеры большой пятерки» Л. Голдберга [13]; личностный опросник «Модуль»; «Индивидуально-типологический опросник» (ИТО) [14]; «Профессиональное выгорание» [15], «ВОК» [16].

Дополнительно для оценки различных аспектов психического состояния использовали следующие методики: Госпитальную шкалу тревоги и депрессии (HADS); шкалу безнадежности А. Бека; методику диагностики уровня социальной фрустрированности Л. И. Вассермана; Миссисипскую шкалу посттравматического стрессового расстройства (MS PTSD).

Статистическую обработку выполняли с применением пакета программ Stat Soft Statistica 10.0. Проводили проверку данных на нормальность распределения, первичную описательную статистику с использованием медианных значений, квартилей и процентного содержания и статистический анализ данных с применением непараметрического критерия Манна–Уитни.

Результаты. Для исследования психологических особенностей лиц, подвергшихся воздействию витальной угрозы при выполнении своих служебных обязанностей, были выделены на 2 группы: 1-я группа сравнения (ГС) ($n = 26$) – отсутствие витальной угрозы и 2-я группа (ВУ) ($n = 64$), подвергшиеся витальной угрозе.

Частотный анализ психического состояния во 2-й группе (ВУ) выявил, что медианные значения и квартильный размах исследуемых показателей не выходят за рамки нормативных значений. Данные представлены в табл. 1.

По результатам частотного анализа выявлено, что у части обследуемых определялись отдельные признаки ПТСР, нарушения эмоционального состояния, личностных особенностей и поведения.

Признаки профессионального выгорания наблюдали у 30 % лиц во 2-й группе:

– истощение эмоциональных ресурсов в 1-й группе выявлено у 29 (23 %) человек от всей выборки;

Таблица 1

Медианные значения показателей психического состояния в группе 2 (n = 64)

Table 1

Median values of mental state indicators in group 2 (n = 64)

Показатель методик	Me [Q ₁ ; Q ₄]	Норма
Уровень безнадежности, шкала безнадежности Бека	1 [0;2]	0–3
Уровень тревоги, шкала HADS	1 [0;3]	0–7
Уровень депрессии, шкала HADS	2 [0;3]	0–7
Признаки ПТСР, Миссисипская шкала	43,51 [38;52]	35–77
Уровень социальной фрустрации, методика Л. И. Вассермана	1 [1;1]	0–1,5

– деперсонализация и нарушение межличностных контактов отмечены у 12 (18 %) человек;

– редукция личностных достижений, неуверенность в своей профессиональной компетентности, низкая мотивация достижений зафиксированы у 4 (6 %) человек.

Для сравнения, в контрольной группе частота встречаемости высоких значений эмоционального истощения и редукции личных достижений составляет 30 % и 13 % соответственно. Частота встречаемости нарушений межличностных контактов в контрольной группе меньше и составляет 13 %.

По шкале «Эмоциональная стабильность» методики 5-ФЛО в обеих группах была однократно выявлена склонность к проявлению повышенной тревожности, беспокойства и раздражительности в стрессовых ситуациях.

При обследовании по методике «Модуль» во 2-й группе у 1 человека показатели соответствовали уровню выраженной нервно-психической неустойчивости, и у 12 (19 %) человек выявлена сниженная нервно-психическая устойчивость. В 1-й группе (ГС) выраженная нервно-психическая устойчивость была также у 1 человека и у 3 (12 %) – сниженная НПУ.

Частота встречаемости повышенной интровертированности (более 7 стенов, ИТО) составила одинаковый процент в обеих группах. Случаев повышенного уровня агрессивности, конфликтности не выявлено (опросник ИТО).

Вместе с тем по Миссисипской шкале оценки посттравматического стресса, во 2-й группе у 21 (32 %) человека из 64, наблюдались отдельные (парциальные) признаки ПТСР, не выходящие за рамки нормативных значений. Для сравнения в 1-й группе этот показатель был почти в 3 раза ниже и составил только 13 %.

С целью уточнения влияния фактора витальной угрозы на полученные результаты был проведен сравнительный анализ исследуемых показателей в группах лиц, выполнявших профессиональные обязанности в условиях витальной угрозы (2-я группа ВУ), и контрольной группе (1-я группа ГС) с применением непараметрического критерия Манна–Уитни. Статистически значимые различия представлены в табл. 2.

Обсуждение. По результатам сравнительного анализа были выявлены статистически значимые различия только по индивидуально-психологическим особенностям личности и стилям межличностного общения. Во 2-й группе наблюдали более высокий уровень стеничности, ригидности и конфликтности, чем в 1-й группе. Вместе с тем показатели социабельности, лабильности, компромиссности и конформности поведения в этой группе достоверно ниже. Полученные результаты показывают, что в сравнении с 1-й группой (ГС) лица из 2-й группы (ВУ) характеризуются более выраженной стеничностью, более инертными установками, педантизмом и настороженной подозрительностью, а также менее склонны к избеганию конфликтов при межличностном общении. На основании данных, полученных по шкалам опросника, можно предположить, что сниженная способность к компромиссным решениям в сочетании с более высокой ригидностью и стеничностью у лиц, подвергшихся воздействию витальной угрозы, может способствовать возникновению трудностей социальной интеграции в группу.

Следует заметить, что не было получено статистически значимых отличий по показателям, оценивающим психическое состояние, в частности шкале HADS, по шкале безнадежности

Таблица 2

Сравнительный анализ выраженности личностных характеристик в группах по непараметрическому критерию Манна–Уитни ($Me, Q_1; Q_4$)

Table 2

Comparative analysis of the expression of personality characteristics in groups using the nonparametric Mann–Whitney criterion ($Me, Q_1; Q_4$)

№ п\п	Методика ИТО, показатель	Группа		U-критерий	$P \leq$
		1-я, $n = 26$	2-я, $n = 64$		
		$Me [Q_1; Q_4]$	$Me [Q_1; Q_4]$		
1	Стеничность	4,0 [3,0; 6,0]	6,0 [5,0; 8,0]	993,0	0,006
2	Ригидность	5,0 [3,8; 8,0]	7 [5,0; 8,0]	979,0	0,009
3	Лабильность	5,0 [4,0; 6,3]	4,0 [3,0; 5,0]	504,0	0,036
4	Конфликтность	6,0 [4,0; 9,3]	8,0 [7,0; 11,0]	951,0	0,020
5	Социабельность	25,5 [23,8; 29,0]	24,0 [20,0; 26,0]	506,0	0,049
6	Компромиссность	18,0 [13,0; 22,0]	13,0 [11,0; 17,0]	369,0	0,001
7	Конформизм	13,0 [10,0; 16,3]	11,0 [9,0; 13,8]	503,0	0,037

Бека и анкете социальной фрустрированности.

Заключение. По результатам проведенного исследования в целом по группам не выявлено случаев клинического проявления ПТСР. Наблюдаемые отдельные признаки ПТСР остаются в рамках нормативных значений. Основными проявлениями фактора витальной угрозы при выполнении профессиональных обязанностей выступают усугубление некоторых личностных черт и изменение поведенческих паттернов в сторону повышения эмоционального напряжения, большей агрессивности, стеничности, ригидности установок, меньшей эмоциональной лабильности.

Выраженность таких личностных свойств, как стеничность и ригидность, у лиц, подвергшихся воздействию витальной угрозы, может достигать уровня акцентуаций, а в сочетании с низкой способностью к компромиссам и неконформизмом приводить к затруднениям социально-психологической адаптации.

Для снижения вероятности риска развития ПТСР и дезадаптивных форм поведения у лиц, выполняющих профессиональные обязанности в условиях витальной угрозы, необходимо проведение скрининговых обследований с последующей психокоррекционной работой по их результатам.

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

Юсупов Владислав Викторович – доктор медицинских наук, профессор, начальник 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: 0000-0002-5236-8419; e-mail: vmeda_37@mil.ru

Ятманов Алексей Николаевич – кандидат медицинских наук, докторант, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0003-0043-3255; e-mail: vmeda_37@mil.ru

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

Vladislav V. Yusupov – Dr. of Sci. (Med.), Professor; Head of the Research Department Medical and Psychological Support, Research Center, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0000-0002-5236-8419; e-mail: vmeda_37@mil.ru

Alexey N. Yatmanov – Cand. of Sci. (Med.), Doctoral Student, Military Medical Academy; 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0000-0003-0043-3255; e-mail: vmeda_37@mil.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 – Л. О. Марченко, В. В. Юсупов; сбор данных – Е. О. Филиппова; анализ данных и выводы – С. Н. Левич; подготовка рукописи – И. И. Дорофеев, В. В. Юсупов, 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: LOM, VVYu the concept and plan of the study were developed. EOF data collection was carried. SNL data analysis and conclusions were prepared by. IID, VVYu, ANYa 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: 20.11.2025

Принята к печати/Accepted: 15.03.2026

Опубликована/Published: 30.03.2026

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Чермянин С. В., Корзунин В. А. Особенности социально-психологической реадaptации и динамика постстрессовых расстройств у военнослужащих, принимавших участие в боевых действиях // *Медико-психологическая реабилитация сотрудников внутренних дел и военнослужащих внутренних войск МВД России: современное состояние и перспективы развития: материалы междунар. науч.-практ. конф.* Под ред. В. П. Сальникова. СПб: Ун-т МВД России. СПб. 2003. С. 32–42 [Chermyanin S. V., Korzunin V. A. Features of socio-psychological readaptation and dynamics of post-stress disorders in military personnel who participated in combat operations. *Medico-psychological rehabilitation of employees of internal affairs bodies and military personnel of internal troops of the Ministry of Internal Affairs of Russia: current state and development prospects: materials of the international scientific-practical conference.* Ed. V. P. Salnikov. St. Petersburg: University of the Ministry of Internal Affairs of Russia; 2003, pp. 32–42 (In Russ.)].
2. Мешков Н. А. Эпидемиология боевой патологии в вооруженных конфликтах и медицинская реабилитация участников боевых действий // *Вестник Смоленской государственной медицинской академии.* 2022. Т. 21, № 4. С. 176–190 [Meshkov N. A. Epidemiology of combat pathology in armed conflicts and medical rehabilitation of combatants. *Bulletin of the Smolensk State Medical Academy,* 2022, Vol. 21, No. 4, pp. 176–190 (In Russ.)].
3. Караяни А. Г. Социально-психологическая реадaptация участников боевых действий // *Вестник Южно-Уральского государственного университета.* Серия: Психология. 2014. Т. 6, № 4. С. 20–34 [Karayani A. G. Socio-psychological readaptation of combatants. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Psychology,* 2014, Vol. 6, No. 4, pp. 20–34 (In Russ.)].
4. Романова Е. В. Формирование адаптационного ресурса участников боевых действий в практической деятельности психолога // *Прогрессивная инновация и/или фундаментальная традиционность в образовании и социокультурных практиках. Сборник тезисов международной научно-практической конференции.* Ижевск. 2024. С. 236–237 [Romanova E. V. Formation of the adaptation resource of combatants in the practical activities of a psychologist. *Progressive innovation and/or fundamental traditionality in education and socio-cultural practices. Collection of abstracts of the international scientific and practical conference.* Izhevsk, 2024, pp. 236–237 (In Russ.)].
5. Рябуха Е. В. Особенности социально-психологической реадaptации участников боевых действий // *Направления и перспективы развития образования в военных институтах войск национальной гвардии Российской*

- Федерации. Сборник научных статей Международной научно-практической конференции. Новосибирск. 2023. С. 404–407 [Ryabukha E. V. Features of socio-psychological readaptation of combatants. Directions and prospects for the development of education in military institutes of the National Guard Troops of the Russian Federation. Collection of scientific articles of the International Scientific and Practical Conference. Novosibirsk, 2023, pp. 404–407 (In Russ.)].
6. Карандина Ю. Л. Психологическая коррекция посттравматических стрессовых расстройств у участников боевых действий // *Прикладная психология и психоанализ*. 2019. № 2. С. 1 [Karandina Yu. L. Psychological correction of post-traumatic stress disorders in combatants. Applied Psychology and Psychoanalysis, 2019, No. 2, pp. 1 (In Russ.)].
 7. Караяни А. Г., Караяни Ю. М. Зарубежный опыт психологического возвращения участников боевых действий в мирную жизнь // *Юридическая психология*. 2019. № 1. С. 28–35 [Karayani A. G., Karayani Yu. M. Foreign experience in psychological return of combatants to peaceful life. *Juridical Psychology*, 2019, No. 1, pp. 28–35 (In Russ.)].
 8. Александровский Ю. А., Лобастов О. С., Спивак Л. И., Шукин Б. П. *Психогении в экстремальных условиях*. М.: Медицина; 1991. С. 96 [Aleksandrovsky Yu. A., Lobastov O. S., Spivak L. I., Shchukin B. P. Psychogenias in extreme conditions. Moscow: Medicine; 1991, pp. 96 (In Russ.)].
 9. Лазебная Е. О., Зеленова М. Е. Преодоление психологических последствий военного травматического стресса участниками войны в Афганистане // *Вестник РГНФ*. 1999. № 4. С. 185–195 [Lazebnaya E. O., Zelenova M. E. Overcoming the psychological consequences of military traumatic stress by participants in the war in Afghanistan. Bulletin of the Russian Humanitarian Scientific Foundation. 1999. No. 4. pp. 185–195 (In Russ.)].
 10. Литвинцев С. В., Нечипоренко В. В. Актуальные вопросы патогенеза боевой психической травмы. СПб.: ВМедА; 1995. С. 30–38 [Litvintsev S. V., Nechiporenko V. V. Topical issues of the pathogenesis of combat mental trauma. St. Petersburg: VMedA; 1995, pp. 30–38 (In Russ.)].
 11. Чермянин С. В. Психология чрезвычайных и экстремальных ситуаций. Хрестоматия (для клинических психологов). Под ред. проф. С. В. Чермянина. СПб.: Айсинг. 2015. 208 с. [Chermyanin S. V. Psychology of emergency and extreme situations. A reader (for clinical psychologists). Ed. Prof. S. V. Chermyanin. St. Petersburg: Aysing; 2015, 208 p. (In Russ.)].
 12. Костин Д. В., Погосян С. О., Алексеева О. Э. Особенности процесса затяжной реадaptации у военнослужащих после участия в боевых действиях на Северном Кавказе // *Военная медицина в локальных войнах и вооруженных конфликтах (20-летию вывода советских войск из Афганистана посвящается): материалы Всероссийской научной конференции 12–13 февраля 2009 г.* СПб.: ВМедА. С. 212–223 [Kostin D. V., Pogosyan S. O., Alekseeva O. E. Features of the process of prolonged readaptation in military personnel after participating in combat operations in the North Caucasus. *Military medicine in local wars and armed conflicts (dedicated to the 20th anniversary of the withdrawal of Soviet troops from Afghanistan): materials of the All-Russian scientific conference February 12–13, 2009, St. Petersburg: VMedA, LLC Aysing*, pp. 212–223 (In Russ.)].
 13. Ramazanova N. E., Buvaeva I. S., Kholmanova N. R., Shvedov D. A., Iakovlev A. V., Daudgadzhiev D. S., Menkeev B. S. Prevention of endocarditis among dental patients with cardiovascular diseases. *Revista Latinoamericana de Hipertensión*. 2025. Vol. 20, № 2. Pp. 113–120. doi: 10.5281/zenodo.14910973
 14. Hossain M. L., Kokunina A. V., Demidov O. N., Vasileva V. M., Zhevlakov A. A., Zorina V. V., Mamedova T. T. Cardiomyopathy: peculiarities of outpatient management of patients. *Revista Latinoamericana de Hipertensión*. 2025. Vol. 20, № 2. Pp. 121–128. doi: 10.5281/zenodo.14911037
 15. Navruzalieva R. K., Kuneva N. I., Fedotova A. A., Lyakhova V. M., Kovalenko E. N., Tyubina D. A., Petrenko E. G. Adolescence and cardiosomatics: diagnostic methods and possible risks. *Revista Latinoamericana de Hipertensión*. 2025. Vol. 20, № 2. Pp. 129–138. doi: 10.5281/zenodo.14911055
 16. Makhmirzaeva G. G., Golubkina E. S., Airapetyan A. D., Root V. A. The importance of early screening in preventing chronic diseases. *Revista Latinoamericana de Hipertensión*. 2025. Vol. 20, № 1. Pp. 60–68. doi: 10.5281/zenodo.14868407

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЯЖЕСТИ ПОРАЖЕНИЯ ПЕРСОНАЛА УДАРНОЙ ВОЛНОЙ ВЗРЫВОВ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ: ПРОГНОЗНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

¹М. Ю. Лебедев, ¹И. В. Свитнев*, ²Е. А. Харитоновна

¹Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского, Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

ВВЕДЕНИЕ. Количество чрезвычайных ситуаций с детонацией существенных запасов взрыво- и пожароопасных веществ за последние годы на территории страны значительно увеличилось. В случае взрывов большой мощности (ВБМ) возникает прямая угроза безопасности объектов береговой инфраструктуры Военно-Морского Флота России (ВМФ), что обуславливает необходимость прогнозирования последствий воздействия воздушной ударной волны (ВУВ) органами управления на персонал этих объектов для оперативной оценки санитарных потерь и организации эвакуационных мероприятий.

ЦЕЛЬ. Разработка методики оценки санитарных потерь персонала объектов наземной инфраструктуры ВМФ от воздушной ударной волны ВБМ в условиях нечеткости исходных параметров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В основе методики лежит метод логико-лингвистического моделирования (ЛЛМ), учитывающий принадлежность исходных данных к интервальным значениям параметров применения ВБМ и условий среды, влияющих на распространение избыточного давления ВУВ.

РЕЗУЛЬТАТЫ. С помощью разработанной методики появляется возможность определить зоны поражения персонала объектов ВМФ и лиц, подвергшихся воздействию ВУВ ВБМ, по тяжести воздействия поражающего фактора на организм человека. Методика обеспечивает прогнозирование санитарных потерь личного состава и визуализацию данных оперативной обстановки.

ОБСУЖДЕНИЕ. Предлагаемая методика в условиях нечетких исходных данных о ВБМ обеспечивает моделирование поражающего действия ВУВ на здоровье человека, учитывает влияние особенностей местности, погоды и других факторов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Рассмотренная методика позволяет прогнозировать санитарные потери от воздействия ВУВ при ВБМ с использованием программных средств, оперативно оценивать и отображать изменения обстановки, обеспечивать поддержку принятия решения органами управления при подготовке мероприятий медицинского обеспечения личного состава объектов ВМФ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, взрыв большой мощности, воздушная ударная волна, логико-лингвистическая модель, нечеткое множество, оценка обстановки

*Для корреспонденции: Свитнев Игорь Владимирович, e-mail: isvitnev@mail.ru

*For correspondence: Igor V. Svitnev, e-mail: isvitnev@mail.ru

Для цитирования: Лебедев М. Ю., Свитнев И. В., Харитоновна Е. А. Моделирование тяжести поражения персонала ударной волной взрывов большой мощности: прогнозное исследование // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 1. С. 79–86, EDN: <https://elibrary.ru/BTVREG>

For citation: Lebedev M. Yu., Svitnev I. V., Kharitonova E. A. Modeling the severity of personnel injuries caused by high-power explosions: forecasting research // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 1. P. 79–86, EDN: <https://elibrary.ru/BTVREG>

MODELING THE SEVERITY OF PERSONNEL INJURIES CAUSED BY HIGH-POWER EXPLOSIONS: FORECASTING RESEARCH

¹Mikhail Yu. Lebedev, ¹Igor V. Svitnev*, ²Elena A. Kharitonova

¹Military Space Academy named after A. F. Mozhaysky, St. Petersburg, Russia

²Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

INTRODUCTION. The number of emergencies involving the detonation of significant stocks of explosive and flammable substances has increased significantly in the country in recent years. In the case of high-power explosions (HPE), there is a direct threat to the safety of the coastal infrastructure facilities of the Russian Navy (RN), which necessitates the need for management authorities to predict the effects of an air shock wave (ASW) on the personnel of these facilities in order to promptly assess sanitary losses and organize evacuation measures.

OBJECTIVE. Development of a methodology for assessing sanitary losses of personnel of the Navy's ground infrastructure facilities by an airborne shock wave in conditions of uncertainty of initial parameters.

MATERIALS AND METHODS. The methodology is based on the method of logical-linguistic modeling (LLM), which takes into account the affiliation of the initial data to the interval values of the parameters of the HPE application and environmental conditions affecting the spread of overpressure ASW.

RESULTS. With the help of the developed methodology, it becomes possible to determine the zones of damage to personnel of RN facilities and persons exposed to ASW HPE by the severity of the impact of the damaging factor on the human body. The methodology provides forecasting of sanitary losses of personnel and visualization of operational situation data.

DISCUSSION. The proposed technique, in conditions of fuzzy initial data on the power of the ammunition used, provides modeling of the damaging effect of explosives on human health, takes into account the influence of terrain features, weather and other factors.

CONCLUSION. The considered methodology makes it possible to predict sanitary losses from the effects of high-explosive devices when using HPE using software tools, promptly assess and display changes in the situation, and support management decision-making for the organization of medical support activities for personnel of facilities RN.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, high-power explosion, air shock wave, logical-linguistic model, fuzzy set, situation assessment

Введение. Статистика чрезвычайных ситуаций, сопровождающихся возникновением взрывов с сопутствующими жертвами в результате детонации взрывоопасных веществ, содержащихся на промышленных предприятиях, объектах хранения нефтепродуктов и складах вооружения показывает, что за последние три года количество пострадавших и ущербкратно увеличились, в сравнении с предшествующим периодом. Существенное количество подобных взрывов происходит с выделением энергии во много раз превышающей заряд традиционных боеприпасов, а возникающая при этом воздушная ударная волна воздействует на значительных расстояниях.

В случае взрывов большой мощности (ВБМ) возникает прямая угроза безопасности объектов береговой инфраструктуры Военно-Морского Флота России (ВМФ), что обуславливает необходимость прогнозирования последствий воздействия воздушной ударной волны (ВУВ) органами управления на персонал этих объектов для оперативной оценки санитарных потерь и организации эвакуационных мероприятий.

На начальном этапе обстановка оценивается методом прогнозирования, а позже, — исходя

из данных фактически сложившейся обстановки (из донесений и по данным разведки). Следует учитывать, что каждый вариант получения данных о параметрах ВБМ обладает лишь определенной степенью достоверности. Это обуславливается погрешностью средств измерения, приведением расчетной энергии ВБМ к реальной для дальнейшего оценивания последствий, а также несовершенством научно-методического аппарата, при котором не в полной мере учитывается влияние условий среды (погоды, рельефа местности и т. д.) [1]. Одновременно с этим сложность представляет оценка и отображение обстановки при массовых ВБМ.

Цель. Разработать методику оценки санитарных потерь персонала объектов наземной инфраструктуры ВМФ воздушной ударной волной ВБМ в условиях нечеткости исходных параметров.

Материалы и методы. В основе методики лежит метод логико-лингвистического моделирования (ЛЛИМ), учитывающий принадлежность исходных данных к интервальным значениям параметров ВБМ и условий среды, влияющих на распространение избыточного давления ВУВ.

Реализация методики обеспечивает поддержку принятия решения и интегрирование в современные геоинформационные системы средств оперативного оценивания обстановки при ВБМ.

Результаты. С помощью разработанной методики появляется возможность определить зоны поражения персонала объектов ВМФ и лиц, подвергшихся воздействию ВУВ ВБМ, по тяжести воздействия поражающего фактора. Методика обеспечивает прогнозирование санитарных потерь личного состава и визуализацию данных оперативной обстановки.

Модель, составляющая основу методики, базируется на теории вероятности и использовании закона подобия поражения ВУВ ВБМ, что позволяет классифицировать тяжесть поражения персонала объектов ВМФ, исходя из первичной информации и массива данных, применяемых для оценивания обстановки. Отталкиваясь от формулы, предложенной М. А. Садовским для определения избыточного давления (Δp_v) во фронте ВУВ, использовано выражение 1, а для повышения точности расчетов – подход аппроксимации, предложенный Д. В. Суриным¹.

$$\Delta p_v = 0,84 \frac{\sqrt[3]{q}}{R} + 2,7 \frac{\sqrt[3]{q}}{R^2} + 7 \frac{q}{R^3},$$

где R – удаление объекта от эпицентра взрыва; q – энергия ВБМ в тротиловом эквиваленте.

В соответствии с действующим порядком оценки обстановки, в первую очередь на основе данных разведки о примененном ВБМ, определяется высвободившаяся энергия при ВБМ (q).

Разведывательная информация может поступать из различных источников, а также на основе косвенной оценки последствий применения ВБМ. ВБМ могут возникать по различным причинам, в том числе при транспортировке опасных грузов воздушным транспортом, в результате чего подрыв произойдет в воздухе. Рассматривая воздействие на человека ВУВ, следует учитывать высоту детонации, для чего по приведенной высоте ВБМ ($\bar{H}$) определяется высотный коэффициент относительно уровня земли.

¹Сурин Д. В. Специальные фортификационные сооружения: учебник. Санкт-Петербург: Изд-во ВКА им. А. Ф. Можайского. 2010. 342 с.

К основным учитываемым параметрам поражения ВУВ относится удаление человека от эпицентра взрыва (R).

На следующем этапе определяется распространение ВУВ в зависимости от условий среды. В дальнейшем будут рассмотрены лишь некоторые из условий, оказывающих влияние на распространение ВУВ ВБМ в среде. Для определения искомого значения в модели используются заложенный массив данных из расчетных справочников, а также влияние условий расположения людей на местности [1].

В модели применяются лингвистические переменные: энергия ВБМ (x_1), вид взрыва (x_2), удаленность от эпицентра (x_3), рельеф местности (x_4), погодные условия (x_5), степень поражения (баротравма) (x_6), зона поражения (сопутствующие повреждения организма) (y) с соответствующими им терм-множествами. Например:

$$(x_1, T_1, X_1, G_1, M_1)$$

где x_1 – «энергия ВБМ»; T_1 – базовое терм-множество («малая», «средняя», «крупная», «сверхкрупная»); X_1 – [0,100] (тыс. т); G_1 – процедура образования новых термов с помощью различных связок («и», «или», «очень», «слегка») и модификаторов; M_1 – процедура задания (семантическое правило) на $X_1 = [1, 10]$ нечетких подмножеств A_{11} = «малых», A_{12} = «средних», A_{13} = «крупных», A_{14} = «сверхкрупных» (см. рис. 1), а также нечетких множеств для термов из $G_1(T_1)$.

Далее сформируем базу нечетких правил с MISO-структурой из множества отдельных продукционных правил вида «ЕСЛИ A , ТО B » (где A и B – предпосылки и заключение правил соответственно) [2].

В результате фрагмент правил нечеткой ЛЛМ примет вид:

П1: ЕСЛИ «Энергия ВБМ» есть «средняя» И «вид взрыва» есть «наземный» И «удаленность от эпицентра» есть «небольшая» И «рельеф» есть «равнина» И «погодные условия» есть «ясно» И «степень поражения (баротравма)» есть «тяжелая», ТО «зона поражения (сопутствующие повреждения организма)» есть «переломы, повреждение внутренних органов (внутренние кровотечения, сотрясение мозга, длительная потеря сознания)» (П1: ЕСЛИ x_1 есть A_{11} , И x_2 есть A_{21} И x_3 есть A_{31} И x_4 есть A_{44} И x_5 есть A_{51} И x_6 есть A_{61} И x_7 есть A_{71} , ТО y есть B_3).

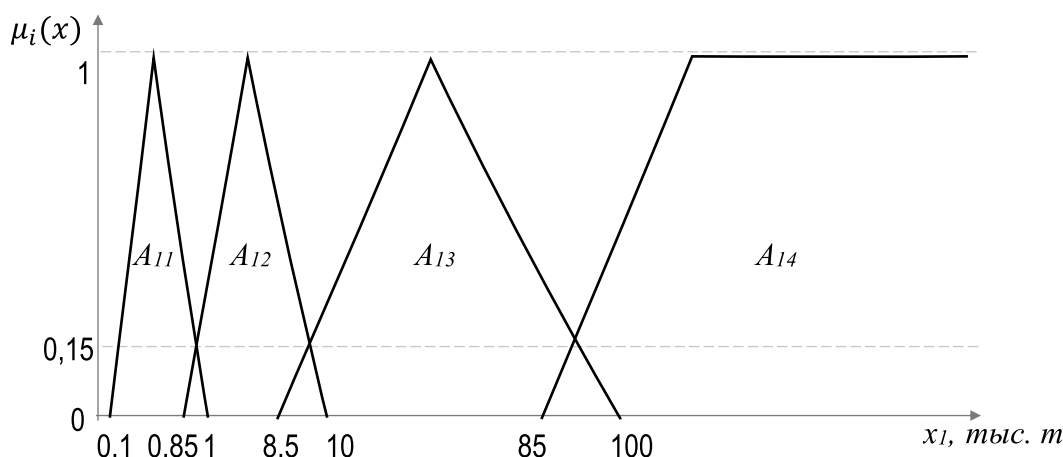


Рис. 1. Формализация лингвистической переменной x_1 «энергия взрыва»
Fig. 1. Formalization of the linguistic variable x_1 “the energy of the explosion”

При необходимости точность предложенной модели можно повысить дополнительно, принимая во внимание более существенное промежуточное состояние, тем самым задавая еще одно правило, детализирующее воздействие фактора и приводящее к новым информационным кластерам [2, 3].

Заданная совокупность входных переменных и выходных данных представлена в виде табл. 1²:

На основе предложенного подхода с использованием Python v3.14 и библиотек NumPy, Matplotlib авторами разработана программа, позволяющая в автоматическом режиме оценивать масштабы и последствия воздействия ВУВ ВБМ с отображением обстановки на слое электронной карты в геоинформационной системе «Оператор».

Опишем принципиальный алгоритм работы программы, включающий четыре основных этапа.

На первом этапе алгоритма произведен анализ входных данных, включающих параметры ВБМ, которые могут быть представлены в виде полинома на рис. 2.

На втором этапе программа автоматически оценивает район взрыва и, опираясь на базу данных, позволяющую учитывать влияние

местности и погоды на распространение ВУВ ВБМ, формирует матрицы смежности³ [4, 5].

Приведенные этапы даны в виде декартова произведения множеств на основе Т-импликации, задаваемого выражением:

$$\mu_{\bar{A}_{11} \times \bar{A}_{12} \times \bar{A}_{13} \times \bar{A}_{14} \times \bar{A}_{15} \times \bar{A}_{16} \times \bar{A}_{17}}(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7) = T\left\{\mu_{\bar{A}_{11}}(x_1), T\left\{\mu_{\bar{A}_{12}}(x_2), T\left\{\mu_{\bar{A}_{13}}(x_3), T\left\{\mu_{\bar{A}_{14}}(x_4), T\left\{\mu_{\bar{A}_{15}}(x_5), T\left\{\mu_{\bar{A}_{16}}(x_6), T\left\{\mu_{\bar{A}_{17}}(x_7)\right\}\right\}\right\}\right\}\right\}\right\} \quad (3)$$

где $\bar{A}_{(i(1...7))}^*$ – нечеткое подмножество, отражающее фактическое значение переменной $x_{i...7}$, определенное на $\{X\}$, с функцией принадлежности $\mu_{\bar{A}_{(i(1...7))}^*}(x_{(1...7)}) \in [0,1], i=1...864$.

На третьем этапе оператор устанавливает степени поражения, для которых выходные данные моделируются с использованием нечеткой ЛЛМ и механизма нечеткого вывода, описываемого выражением:

$$\mu_{B_i}(y) = S_{i=1...864} \sup\{T[a_i, \mu_{\bar{A}_i \rightarrow \bar{B}_i}(x, y)]\} = S_{i=1...864} \sup_{x_1, \dots, x_7 \in X} \{T(\mu_{\bar{A}_{11}}(x_1), T(\mu_{\bar{A}_{12}}(x_2), T(\mu_{\bar{A}_{13}}(x_3), T(\mu_{\bar{A}_{14}}(x_4), T(\mu_{\bar{A}_{15}}(x_5), T(\mu_{\bar{A}_{16}}(x_6), T(\mu_{\bar{A}_{17}}(x_7), \mu_{B_i}(y))))))\} \quad (4)$$

В целом реализуемый алгоритм работы программы представлен на рис. 3.

При формировании вывода представляются результаты с различной вероятностью поражения организма человека. Для получения единственного ответа используется метод дефаззификации, при котором четкое значение

²Арефьева Е. В., Бабусенко М. С., Барышев Е. М. Проблемы защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях в условиях современных вызовов и угроз: справочное пособие. Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России. 2017. 452 с.

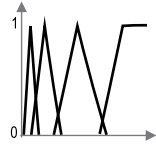
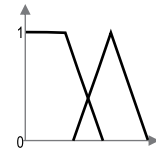
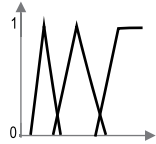
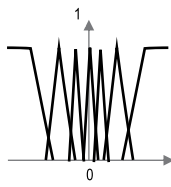
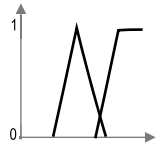
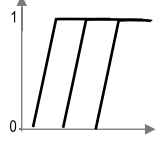
³Пегат А. Нечеткое моделирование и управление: учебное издание. 2-е изд., Москва: БИНОМ. Лаборатория изданий. 2013. 798 с. ISBN: 978-5-9963-1319-8. Перевод с англ.

Таблица 1

Входные и выходные данные для моделирования

Table 1

Input and output data for simulation

Показатель	Диапазон измерений	Терм	Тип функции принадлежности	Адаптер (преобразователь)
x_i	X	T	M	
ВХОДНЫЕ				
Энергия ВБМ	[0.1, 1] (тыс. т)	Малая		$q \approx q_p$
	[0.85, 10] (тыс. т)	Средняя		
	[8.5, 100] (тыс. т)	Крупная		
	{> 85} (тыс. т)	Сверхкрупная		
Вид взрыва	[0, 3.5] (м/т ^{1/3})	Наземный		$\bar{H} = \frac{H}{\sqrt[3]{q}}$
	[3.5, 20] (м/т ^{1/3})	Воздушный		
Удаленность от эпицентра (закон подобия)	[1, 5] (км)	Небольшая		$R_2 = \frac{R_1 \sqrt[3]{q_2}}{\sqrt[3]{q_1}}$
	[3, 8] (км)	Большая		
	[5, 15] (км)	Очень большая		
Рельеф местности	[0, 12] (град)	Равнина		$M_p = 1$
	[8 – 20] (град)	Пологий подъем		$M_{пш} = [1.15, 1.3]$
	[15, 50] (град)	Подъем холма (обратный скат)		$M_{пх} = 2$ $M_{ос} = [0.9, 0.8]$
	{> 45} (град)	Крутой подъем		$M_{кп} = 2,5$ $M_{ос} = [0.8, 2]$
Погодные условия	без осадков	Ясно		$P_я = 1$
	[0.41, 2.5] мм/ч	Дождь		$P_д = [0.9, 0.85]$
	{>1.25} мм/ч	Ливень		$P_л = 0,7$
Степень поражения (баротравма)	[0.2, 0.4} кг/см ²	Легкая		$[\Delta p_{V_{min}}, \Delta p_{V_{max}}]$
	[0.4, 0.6} кг/см ²	Средней тяжести		
	{>0.6} кг/см ²	Тяжелая		
ВЫХОДНЫЕ				
Зона поражения (сопутствующие повреждения организма)	$\Delta p_в \leq \Delta p_{V_{min}}$	Вывихи, ушибы		ВЫВОД: о тяжести вреда здоровью и санитарных потерях
	$\Delta p_{V_{min}} > \Delta p_в < \Delta p_{V_{max}}$	Контузия, повреждение слуха		
	$\Delta p_в \geq \Delta p_{V_{max}}$	Переломы, повреждения внутренних органов		

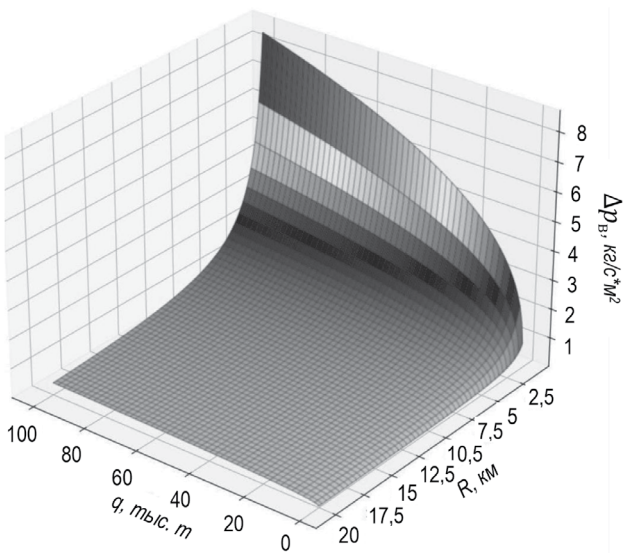


Рис. 2. Полином на основе сопряжения входных данных
Fig. 2. A polynomial based on the conjugation of input data

выходной переменной y^* определяется «центром тяжести» $\mu_{\bar{B}_i}(y)$ с предельными значениями $Y_{\max}$ и $Y_{\min}$.

Интегрирование описанной программы в геоинформационную систему «Оператор» позволило автоматизировать процессы оценивания последствий воздействия ВУВ ВБМ и отображения выходных данных обстановки на электронном слое карты. Вариант отображения результатов моделирования представлен на рис. 4.

Предлагаемая программная компонента в составе геоинформационной системы обеспечивает оперативную оценку и отображение изменений обстановки при ВБМ, служит в качестве средства поддержки принятия решений органами управления оперативно-тактического уровня. Разработанная методика позволяет перейти к оценке санитарных потерь, планированию мероприятий медицинского обеспечения, координации потоков эвакуированных пора-

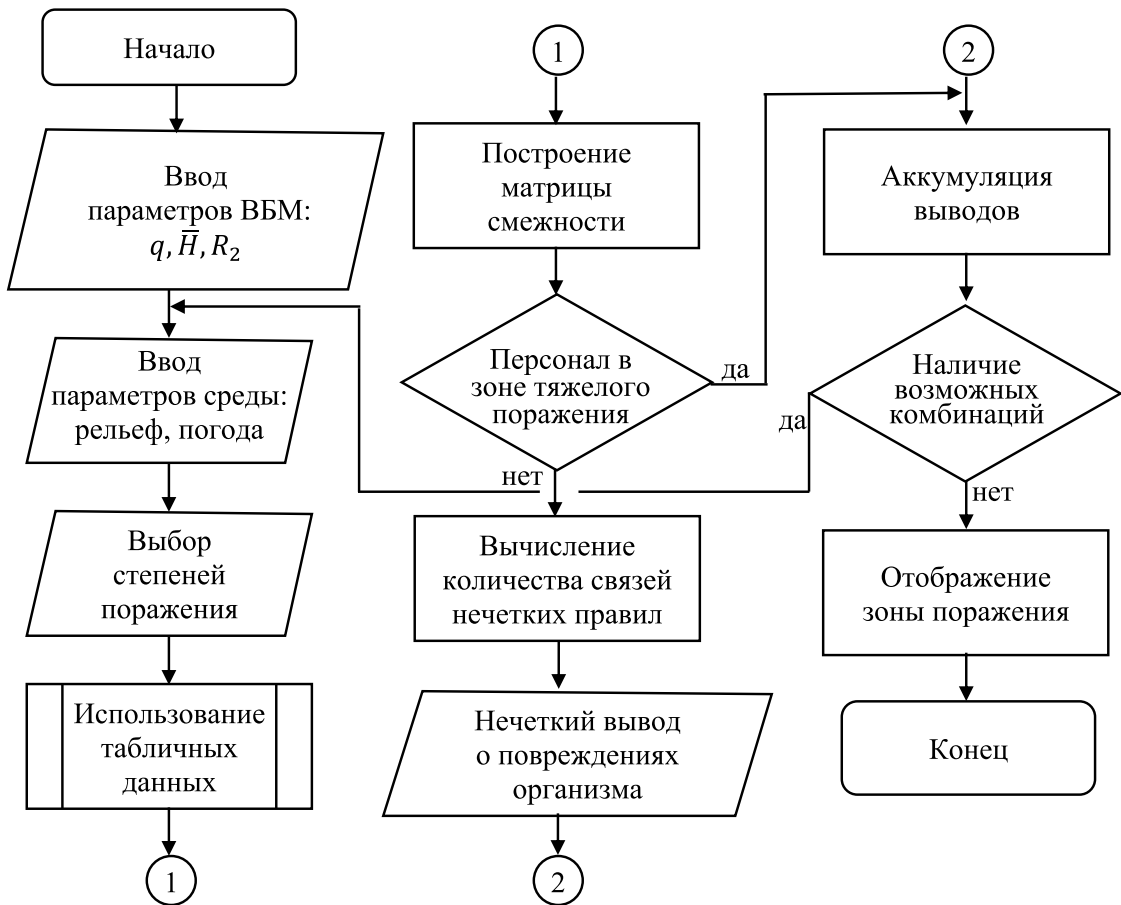


Рис. 3. Алгоритм логико-лингвистического моделирования и вывода данных о зоне поражения (сопутствующих повреждениях организма)
Fig. 3. An algorithm for logical and linguistic modeling and data output on the affected area (concomitant injuries of the body)

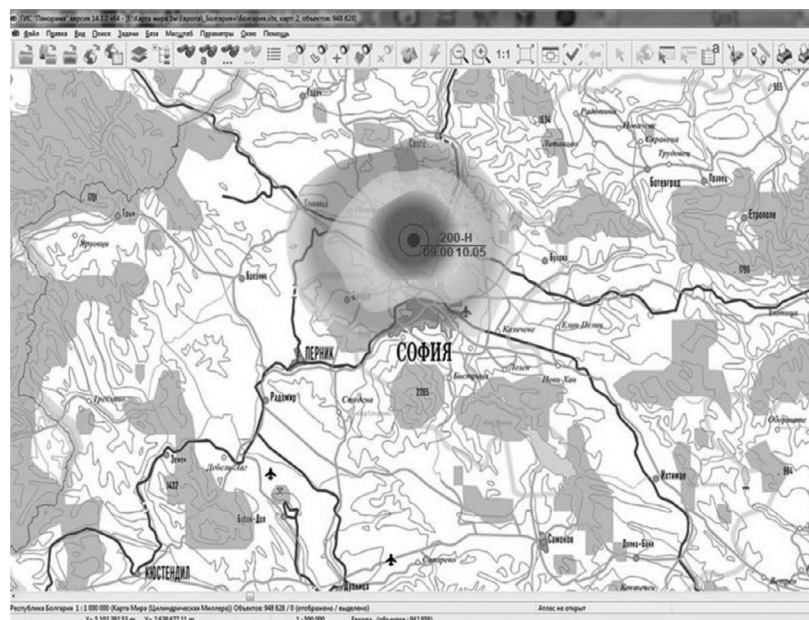


Рис. 4. Области поражения ВУВ ВБМ в виде округлых зон неправильной формы с градиентной заливкой
Fig. 4. Lesion areas HPE ASW in the form of rounded irregular shaped zones with gradient fill

женных по степени вреда здоровью при ВБМ.

Обсуждение. Предлагаемая методика в условиях нечетких исходных данных о ВБМ обеспечивает моделирование поражающего действия взрывной волны на здоровье человека, учитывает влияние особенностей местности, погоды и других факторов.

Таким образом, принимая во внимание вероятностные характеристики определяемых параметров ВБМ, впервые предложено использовать ЛЛМ для оценки поражающего действия ВУВ ВБМ на личный состав, учитывая особенностей среды.

Заключение. Рассмотренная методика позволяет прогнозировать санитарные потери

от воздействия ВУВ при ВБМ с использованием программных средств, оперативно оценивать и отображать изменения обстановки, обеспечивать поддержку принятия решения органами управления организации мероприятий медицинского обеспечения личного состава объектов ВМФ.

Авторы отмечают, что при планировании мероприятий медицинского обеспечения в области гражданской обороны органами федерального, регионального и местного уровней управления рассмотренный подход может быть применим для прогнозирования последствий воздействия ВБМ по административным центрам и промышленным объектам.

Сведения об авторах

Лебедев Михаил Юрьевич – кандидат технических наук, преподаватель, Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского; Россия, 671432, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д. 13; SPIN: 3759-7143; ORCID: 0009-0003-8876-7846; e-mail: lebedev.m1hall@yandex.ru

Свитнев Игорь Владимирович – кандидат военных наук, доцент, Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского; Россия, 671432, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д. 13; SPIN: 8142-8660; ORCID: 0000-0002-8862-1797; e-mail: isvitnev@mail.ru

Харитонова Елена Александровна – кандидат медицинских наук, доцент, заведующая кафедрой основ медицинских и специальных знаний, Санкт-Петербургский государственный университет; Россия, 199034, Университетская набережная, д. 7-9; SPIN:3069-4580; ORCID: 0000-0002-4851-2756; e-mail: xaritonova_ea@mail.ru

Information about the authors

Mikhail Yu. Lebedev – Cand. of Sci. (Tech.), Lecturer, Military Space Academy named after A. F. Mozhaisky; Russia, 671432, Saint Petersburg, Zhdanovskaya Str., 13; SPIN: 3759-7143; ORCID: 0009-0003-8876-7846; e-mail: lebedev.m1hall@yandex.ru

Igor V. Svitnev – Cand. of Sci. (Military), Associate Professor, Military Space Academy named after A. F. Mozhaisky; Russia, 671432, Saint Petersburg, Zhdanovskaya Str., 13; SPIN: 8142-8660; ORCID: 0000-0002-8862-1797; e-mail: isvitnev@mail.ru

Elena A. Kharitonova – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor, Head of Department of Fundamentals of Medical and Special Knowledge, Saint Petersburg State University; Russia, 199034, Saint Petersburg, University embankment, 7-9; SPIN:3069-4580; ORCID: 0000-0002-4851-2756; e-mail: xaritonova_ea@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 план исследования — М. Ю. Лебедев, И. В. Свитнев; сбор и математический анализ данных — М. Ю. Лебедев, И. В. Свитнев, Е. А. Харитонова; подготовка рукописи — Е. А. Харитонова

Author contribution. 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: MYuL, IVS the concept and plan of the study. MYuL, IVS, EAKh collection and mathematical analysis of data. EAKh 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: 15.11.2025

Принята к печати/Accepted: 15.03.2026

Опубликована/Published: 30.03.2026

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Брык Д. И. Определение параметров воздушной ударной волны взрыва конденсированных взрывчатых веществ в условиях городской застройки // *Проблемы развития и совершенствования гражданской обороны Российской Федерации в современных условиях* (Москва, 8–9 апреля 2004 года), М.: 2004. С. 279–282 [Bryk D. I. Determination of the parameters of the air shock wave of an explosion of condensed explosives in urban areas. *Collection of papers from the conference “Problems of development and improvement of civil defense in the Russian Federation in modern conditions* (Moscow, April 8–9), 2004, Moscow: 2004; pp. 279–282 (In Russ.)].
2. Долгов А. А., Елисеев А. И., Хорохорин М. А., Лыонг Х. Д. К вопросу оценки живучести сложных систем с использованием распределенных систем на основе графовой модели // *Прикладная математика, управление и информатика: сборник науч. трудов*. Белгород: БелГУ; 2012. Т. 2. С. 287–292 [Dolgov A. A., Eliseev A. I., Khorokhorin M. A., Lyong H. D. On the assessment of the survivability of complex systems using distributed systems based on a graph model. *Applied mathematics, control, and computer science: Collection of scientific papers*. Belgorod: BelSU; 2012, Vol. 2, pp. 287–292 (In Russ.)].
3. Мухин В. И., Рыбаков А. В., Вильданов Р. Р. О расчетной модели оценки поражающего воздействия воздушной ударной волны от обычных средств поражения // *Известия Института инженерной физики*. 2017. № 1. С. 58–63 [Mukhin V. I., Rybakov A. V., Vildanov R. R. Estimated valuation models damaging effects of air shock waves from conventional weapons. *Izvestiya of the institute of engineering physics*, 2017, No. 1, pp. 58–63 (In Russ.)].
4. Рашитов Р. Ф. Применение компьютерного анализа для оценки влияния ударных волн на операторные здания // *Нефтегазовое дело: Уфимский государственный нефтяной технический университет*. 2006. № 2. С. 49 [Rashitov R. F. Application of computer analysis for assessing the impact of shock waves on operator buildings. *Oil and gas business: Ufa state petroleum technological university*, 2006, No. 2, p. 49 (In Russ.)].
5. Носков С. И. Применение методов математического моделирования для анализа чрезвычайных ситуаций // *Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами*. Иркутский государственный университет путей сообщения. 2021. № 2 (10). С. 13–24 [Application of mathematical modeling methods for analysis of emergencies. *Information technologies and mathematical modeling in management of complex systems*. Irkutsk state university of railways, 2021, No. 2 (10), pp. 13–24 (In Russ.)]. doi: 10.26731/2658-3704.2021.2(10).13-24.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА ВОЕННОСЛУЖАЩИХ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИИ: СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

¹Р. С. Рахманов*, ¹Е. С. Богомолова, ²Д. А. Нарутдинов, ¹С. А. Разгулин, ¹Н. Н. Потехина,
¹А. В. Евдокимов

¹Приволжский исследовательский медицинский университет, г. Нижний Новгород, Россия

²Красноярский государственный медицинский университет имени профессора

В. Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, Россия

ВВЕДЕНИЕ. Экстремальные условия Севера снижают адаптационные резервы организма различных возрастных групп местных жителей и пришлого населения.

ЦЕЛЬ. Оценить состояние адаптации организма военнослужащих в Арктической зоне России при различной длительности воинского труда.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Проанализированы лейкограммы военнослужащих одного вида основного труда в Арктике и Субарктике, разделенных на подгруппы 1-ю и 2-ю по длительности работ: до 5 лет и от 5 до 10 лет. Определяли тип неспецифических адаптационных реакций организма (НАРО), напряженность адаптации и состояние адаптации. Оценены особенности труда, быта и эколого-гигиенические условия обитания.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Продолжительность труда, соответственно 4,0–3,2 года ($p = 0,541$) и 7,0–7,0 ($p = 0,12$) лет. В Арктике труд по степени вредности и опасности вредный 3.3-й степени, в Субарктике – 3.2-й степени. В Арктике в 1-й группе адаптацию оценивали как донозологию у 31,8 %; во 2-й группе она нарастала на 21,5 %, показатель Здоров снижался на 12,4 %. В Субарктике в 1-й группе адаптацию у 17,9 % определяли как болезнь, у 10,7 % – донозология; во 2-й группе, оцениваемая как болезнь, – не изменилась, а как донозология – возросла до 29,7 %.

ОБСУЖДЕНИЕ. Определение уровней реактивности позволяет дифференцировать оценку здоровья военнослужащих при различных типах НАРО; структура НАРО в динамике воинского труда позволяет установить по показателю адаптации долю лиц с изменениями в состоянии здоровья. Оценка адаптации по лейкограмме информирует о суммарном влиянии условий быта и труда на различных эколого-гигиенических территориях Арктической зоны России.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Оценка состояния адаптации военнослужащих по лейкограммам необходима при проведении диспансеризации для планирования мероприятий по сохранению их здоровья.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, Арктика, Субарктика, военнослужащие, длительность труда, лейкоцитарная формула, неспецифические адаптационные реакции организма, уровень реактивности, состояние адаптации

*Для корреспонденции: Рахманов Рофаиль Салыхович, e-mail: raf53@mail.ru

*For correspondence: Rofail S. Rakhmanov, e-mail: raf53@mail.ru

Для цитирования: Рахманов Р. С., Богомолова Е. С., Нарутдинов Д. А., Разгулин С. А., Потехина Н. Н., Евдокимов А. В. Оценка состояния адаптации организма военнослужащих в Арктической зоне России: сравнительное исследование // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 1. С. 87–94, EDN: <https://elibrary.ru/HVCSBW>

For citation: Rakhmanov R. S., Bogomolova E. S., Narutdinov D. A., Razgulin S. A., Potekhina N. N., Evdokimov A. V. Assessment of body adaptation state of military personnel in Arctic zone of Russia: comparative study // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 1. P. 87–94, EDN: <https://elibrary.ru/HVCSBW>

ASSESSMENT OF BODY ADAPTATION STATE OF MILITARY PERSONNEL IN ARCTIC ZONE OF RUSSIA: COMPARATIVE STUDY

¹Rofail S. Rakhmanov*, ¹Elena S. Bogomolova, ²Denis A. Narutdinov, ¹Sergey A. Razgulin,
¹Natalya N. Potekhina, ¹Alexander V. Evdokimov

¹Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

²Krasnoyarsk State Medical University named after prof. V. F. Voyno-Yasenetsky,
Krasnoyarsk, Russia

INTRODUCTION. Extreme conditions in the North reduce the adaptive reserves of the body of various age groups among local residents and migrants.

OBJECTIVE. To assess body adaptation state of military personnel in the Arctic zone of Russia with different duration of military labor.

MATERIALS AND METHODS. We analyzed leukograms from military personnel assigned to the same type of primary work in the Arctic and Subarctic. These personnel were divided into subgroups 1 and 2 based on the duration of their work: up to 5 years and 5 to 10 years. We determined the type of non-specific adaptive response (NSAR), the intensity of adaptation, and the state of adaptation. Work, lifestyle, and environmental and hygienic living conditions were assessed.

RESULTS. The duration of work was 4.0–3.2 years ($p = 0.541$) and 7.0–7.0 years ($p = 0.12$), respectively. In the Arctic, work is rated as harmful in terms of its degree of harm and danger of 3.3rd degree, while in the Subarctic it is rated as harmful in 3.2nd degree. In the Arctic, adaptation was assessed as pre-clinical in 31.8% of cases in group 1; in group 2, it increased by 21.5%, and the Health indicator decreased by 12.4%. In the Subarctic, in group 1, adaptation was defined as illness in 17.9% of cases and pre-clinical in 10.7%; in group 2, the amount assessed as illness remained unchanged, while the amount assessed as pre-clinical increased to 29.7%.

DISCUSSION. Determining reactivity levels allows for differentiated health assessments of military personnel in various types of NSAR; the structure of NSAR in the dynamics of military work allows for the proportion of individuals with changes in health to be determined based on the adaptation indicator. Assessment of adaptation using a leukogram provides information on the combined effects of living and working conditions in various ecological and hygienic areas of Russia's Arctic zone.

CONCLUSION. Evaluation of the adaptation status of military personnel based on leukograms is necessary during medical examinations to plan measures to maintain their health.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, Arctic, Subarctic, military personnel, duration of work, white blood cell count, nonspecific adaptive responses of the body, reactivity level, adaptation state

Введение. Экстремальные погодные-климатические, гелиогеофизические факторы условий обитания на Крайнем Севере приводят к напряжению адаптационных возможностей организма даже у коренного населения [1]. Они обуславливают особенности формирования неспецифических адаптивных реакций организма коренных малочисленных народов Севера, постоянно проживающих в условиях Арктики, как в возрастных, так и гендерных группах [2, 3].

Данные условия определяют и развитие ряда особенностей функционирования организма человека, прибывшего в этот регион: в ответ на климатический стресс развивается нервно-эмоциональное напряжение, утомление, переутомление, формируются пограничные и патологические состояния [4–8]. Проживание на Севере более 10 лет способствует развитию «неблагоприятного неспецифического адаптационного фона с преобладанием хронического стресса» [9]. Дополнительным фактором риска для здоровья

людей служит антропогенная нагрузка на промышленно развитых территориях Севера, что еще больше ускоряет расход и истощение адаптационных резервов организма и их более быстрое использование [10, 11].

Экономические и политические интересы развития Арктической зоны России определяют необходимость присутствия военнослужащих для обеспечения национальной безопасности страны^{1,2}. Влияние особенностей воинского

¹ О внесении изменений в Стратегию развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года, утвержденную Указом Президента Российской Федерации от 26 октября 2020 г. № 645: Указ Президента Российской Федерации от 27.02.2023 № 126. – URL: <https://base.garant.ru/406447275/?ysclid=lsqafq3f5u561454876> (дата обращения: 27.05.2024).

² Об утверждении Морской доктрины Российской Федерации / Указ Президента Российской Федерации от 31.07.2022 г. № 512. – URL: <https://base.garant.ru/405077499/?ysclid=lsqa7jhkyo548527779> (дата обращения: 27.05.2024).

труда на их здоровье в экстремальных условиях Крайнего Севера активно изучается [12–14]. Вместе с тем не проводилась сравнительная оценка состояния адаптации организма военнослужащих при выполнении одинаковых по функциональному предназначению работ при сочетанном действии различных условий обитания и экологического состояния среды.

Цель. Оценить состояние адаптации организма военнослужащих в Арктической зоне России при воинском труде различной длительности.

Материалы и методы. По данным лабораторных исследований крови военнослужащих, проходящих службу по контракту (ВПСК), проведенных при диспансеризации в летний период года, оценивали состояние адаптации их организма. Случайной выборкой анализированы лейкограммы лиц мужского пола в Арктике ($n = 52$) и Субарктике ($n = 60$; Норильск), относящихся к 1-й и 2-й группам здоровья. Результаты исследований изучены после получения информированных согласий ВПСК. Для определения влияния продолжительности воинского труда группы были разделены на подгруппы: 1-ю – с длительностью работ до 5 лет, 2-ю – с длительностью от 5 до 10 лет. Все военнослужащие прибыли на указанные территории из средней полосы России.

Воинский труд ВПСК в Арктической зоне был одинаков, но имелись особенности в его осуществлении. Также существовала специфика быта и эколого-гигиенических условий обитания в Норильске³. Режим труда оценивали по Руководству⁴.

Предварительно по проценту лимфоцитов крови определяли тип неспецифических адаптационных реакций организма (НАРО), по моноцитам, эозинофилам, базофилам, палочкоядерным нейтрофилам и общему числу лейкоцитов – напряженность адаптации по Гаркави [15].

Выделяли следующие виды НАРО: стресс ($< 20,0 \%$), тренировка (ТР, $\geq 20,0 - \leq 27,5 \%$), спокойной активации (СА, $\geq 28,0 - \leq 34,0 \%$), повышенной активации (ПА, $\geq 34,5 - \leq 40 \%$)

и переактивации (ПР, $\geq 40,0 - 44,5 \%$, индивидуально). Морфологические параметры белой крови позволили определить адаптационные реакции организма, где благоприятными являлись реакции ТР, СА, ПА [9].

Отклонения от нормы других видов лейкоцитов позволяли судить о напряженности адаптации: высоком, среднем, низком и очень низком уровне реактивности организма. При высоком уровне регистрируется норма всех анализируемых показателей или отмечаются отклонения 1–2 показателей в пределах I ст. напряжения. Средний уровень: более 2 отклонений в пределах I ст.; не более 2 в пределах II ст. или то и другое одновременно. При низком уровне регистрируется не более 2 максимальных отклонений в пределах значений II ст.; 3–4 отклонения в минимальном диапазоне для II ст.; не более 2 отклонений в пределах верхней половины диапазона значений для III ст.; более 3 отклонений в пределах нижней половины диапазона значений для III ст.; наличие одного отклонения для IV ст. (за исключением палочкоядерных нейтрофилов); различные сочетания этих отклонений. При очень низком уровне отмечается больше 3 максимальных отклонений в пределах значений для II ст.; более 2 отклонений из верхней половины диапазона значений для III ст. или более 4 отклонений из нижней половины диапазона значений для III ст.; более 1 отклонения в пределах значений для IV ст.; а также различные сочетания этих отклонений⁵ [16].

Итоговую оценку состояния адаптации проводили следующим образом: при реакции СА и ПА при высоких и средних уровнях реактивности – физиологическая норма (Здоров); при низком уровне реактивности – донозологическое состояние, при очень низком – болезнь. Реакция ТР при высоком уровне реактивности – норма; при среднем уровне – донозонология, низком и очень низком – болезнь. При ПР и стрессе – при высоком уровне реактивности – предболезнь, при среднем, низком и очень низком уровне реактивности – болезнь.

³Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2023 году» / Министерство экологии и рационального природопользования Красноярского края. Красноярск, 2024. 386 с.

⁴Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Р 2.2.2006-05.

⁵Хурса Р. В., Еремина Н. М., Корзун Н. Н. Скрининговые методы оценки адаптации организма в амбулаторной практике: учебно-методическое пособие. Минск: БГМУ. 2018. 43 с.

Для статистического анализа применяли программное обеспечение Microsoft Excel 2016 и пакет Statistica 6.1 (США). Она, после определения нормальности распределения первичного материала, проведена общепринятыми методами математической статистики. Поскольку показатели отклонялись от нормального распределения, то определяли медиану (Me) и значения интервалов Q1 и Q3, достоверность различий – по критерию Манна–Уитни для $p < 0,05$.

Результаты. Продолжительность воинского труда ВПСК, находящихся в Арктической зоне до 5 лет (1-е группы), составила соответственно 4,0 (4,0; 5,0) и 3,2 (2,7; 4,3) года ($p = 0,541$), до 10 лет (2-е группы) – 7,0 (6,0; 8,0) и 7,0 (6,5; 8) ($p = 0,12$); статистические различия в 1-й и 2-й возрастных группах и в Арктике, и в Субарктике были значимыми ($p = 0,001$).

Основной вид деятельности – умственный труд, однако его осуществление имело особенности. Так, в Арктике был трехдневный цикл труда: первые сутки – дежурство, вторые – отдых, третьи – физический труд в течение 5–6 ч на открытой территории. Напряженность умственного труда оценивали как вредный 3.2 степени, тяжесть труда – как вредный труд 3.2 степени. Итоговая оценка труда по степени вредности и опасности – труд вредный 3.3. степени. В Субарктике работу осуществляли в течение 5–6 дней в неделю, с ненормированным рабочим временем, периодически и в воскресные дни; сочеталась с суточными дежурствами. Напряженность трудового процесса оценивалась как вредный труд 3.2 степени.

Особенности быта организованного коллектива (питание, размещение, банно-прачечное обслуживание) не отличаются от условий населения города. В Субарктике питание у 52,7 % двухкратное в день (без завтрака), обед в предприятиях общественного питания. Особенности обитания в Норильске являлись антропогенное загрязнение территории и воздушной среды [17].

В 1-й группе ВПСК в Арктике регистрировались только благоприятные типы НАРО. В подобной группе в Субарктике доли лиц с НАРО в состоянии ТР были в 3,0, а СП – в 2,8 раза меньше, но ПА – в 5,5 раза больше. Кроме того, почти у пятой части обследованных определили наличие реакции ПР. Во 2-й группе в Арктике были также выявлены только РТ и СП. При этом доля лиц, у которых отмечено состояние ТР, была больше в 1,7 раза, а СП – в 1,3 раза меньше. В Субарктике при увеличении стажа у 19,0 % было определено состояние стресса и ПР. Доли лиц в состоянии ТР и СП возросли, ПР снижалась на 5,4 % (табл. 1).

Другие формы лейкоцитов характеризовали уровень реактивности у ВПСК при стаже воинского труда до 5 лет как средняя, от 5 до 10 лет в Арктике – как средняя, в Субарктике регистрировали среднюю и низкую реактивность (табл. 2).

Здоровье по показателю адаптации у ВПСК 1-й и 2-й групп в Арктике оценивали как донозолия и Здоров. В 1-й группе в Субарктике здоровье при НАРО в состоянии «переактивации» определялось как и болезнь. Во 2-й группе

Таблица 1

Показатели неспецифических адаптационных реакций организма при различной длительности работ, %

Table 1

Indicators of non-specific adaptive reactions of the body during different durations of work, %

Тип НАРО	≤ 5 лет		5 лет	
	Арктика, <i>n</i> = 22	Субарктика, <i>n</i> = 28	Арктика, <i>n</i> = 30	Субарктика, <i>n</i> = 32
Стресс	0	0	0	6,25
Тренировка	31,8	10,7	53,3	12,5
Спокойной активации	59,1	21,4	46,7	25,0
Повышенной активации	9,1	50,0	0	43,75
Переактивации	0	17,9	0	12,5

Таблица 2

Характеристики уровней реактивности организма при различной длительности работ, %

Table 2

Characteristics of the body's reactivity levels during different durations of work, %

Вид реактивности при НАРО	≤ 5 лет		5 лет	
	Арктика	Субарктика	Арктика	Субарктика
Стресс	-	0	-	Низкая, 100
Тренировка	Средняя, 100	Средняя, 100	Средняя, 100	Средняя, 100
Спокойной активации	Средняя, 100	Средняя, 100	Средняя, 100	Средняя, 75 Низкая, 25
Повышенной активации	Средняя, 100	Средняя, 100	-	Средняя, 75 Низкая, 25
Переактивации	-	Средняя, 100	-	Средняя, 100

Таблица 3

Характеристики состояния адаптации организма военнослужащих при различной длительности работ, %

Table 3

Characteristics of the state of adaptation of the body of military personnel during different durations of work, %

Вид реактивности при НАРО	≤ 5 лет		5 лет	
	Арктика	Субарктика	Арктика	Субарктика
Стресс	-	-	-	Болезнь
Тренировка	Донозология	Донозология	Донозология	Донозология
Спокойной активации	Здоров	Здоров	Здоров	Здоров, 75 Донозология, 25
Повышенной активации	Здоров	Здоров	-	Здоров, 75 Донозология, 25
Переактивации	-	Болезнь	-	Болезнь

при НАРО в состоянии «стресс» и «переактивация» – как болезнь, а при СА и ПА у четвертых частей – как донозология (табл. 3).

Обсуждение. Известно, что адаптационные возможности организма человека являются интегральной характеристикой его здоровья. При различной длительности и уровне влияния факторов риска для здоровья происходит адаптация либо возникают донозологические состояния, далее идет срыв адаптации и болезнь [18]. Поэтому, как считает ряд авторов, «уровень адаптационных возможностей организма может быть использован в качестве интегрального критерия для оценки состояния здоровья при первичном скрининге населения» [3, 7, 8].

Настоящее исследование подтвердило стадийное развитие реакции организма на сочетанное влияние экстремальных факторов природной, рабочей, социальной (для ВПСК

в Арктике) и экологической (для ВПСК в Субарктике) среды обитания и связанное с длительностью влияния факторов риска для здоровья. Однако, несмотря на это, были выявлены особенности. Так, в Арктике при длительности воинского труда до 5 лет находились лица, у которых НАРО оценивалось как «повышенная активация», а при большем стаже такие военнослужащие не определены. Вероятно, это обусловлено адаптацией к условиям обитания и труда. Несмотря на это, у таких ВПСК итоговая оценка по показателю адаптация – Здоров. Все же о влиянии комплекса факторов на организм свидетельствовало наличие группы лиц, у которых определены донозологические состояния здоровья в обеих стажевых группах. Доля лиц с таким состоянием нарастала на 21,5 %, а в состоянии Здоров – снижалась на 12,4 %.

В Субарктике у половины обследованных ВПСК при стаже работ до 5 лет НАРО оценивали как ПА, а почти у пятой части – ПР, что свидетельствовало о более выраженной реакции организма на условия жизни и труда в начальный период адаптации к ним, чем в Арктике. При более длительном влиянии этих факторов определялось и состояние стресса. Это заключение подтверждали данные итоговой оценки здоровья: даже при меньшем стаже были лица, у которых выявлялось состояние, оцениваемое как болезнь; при увеличении стажа и при СА, и ПА у четвертой части военнослужащих устанавливали донозологические состояния. При этом доля лиц при донозологическом состоянии увеличивалась с 10,7 до 29,7 %, а оцениваемая как болезнь – осталась на прежнем уровне.

Важно, что реакции на показатели лейкограммы с позиций нашего подхода при диспансеризации не оказалось. Тем самым можно полагать, что дальнейшее действие комплекса факторов риска приведет к ухудшению здоровья на более ранних сроках воинского труда в Арктической зоне России.

Такие результаты позволили оценить и влияние факторов среды обитания и труда на ВПСК. Например, в Арктике умственный труд чередовался с физическим, регулярным был отдых. Калорийность питания соответствовало

установленной норме⁶, был регулярным режим питания. Вероятно, это было позитивным фактором. Однако, кроме климатических факторов риска для здоровья, тяжести и напряженности трудового процесса, неадекватной была и социальная среда: проживание в коллективе без семейных взаимоотношений. В Субарктике экологическое неблагополучие среды обитания, значительная психоэмоциональная нагрузка (ненормированный по времени и дням недели напряженный умственный труд), нарушения режима питания приводили к более выраженным негативным изменениям в состоянии здоровья ВПСК.

Таким образом, при проведении диспансеризации можно рекомендовать оценку состояния адаптации ВПСК по лейкограммам для планирования мероприятий по сохранению их здоровья.

Заключение. Определение уровней реактивности по показателям лейкограммы дает возможность для дифференцировки уровней здоровья военнослужащих при различных состояниях НАРО. Определение типов НАРО в динамике длительности воинского труда позволяет установить по показателю адаптации долю лиц с изменениями в состоянии здоровья. Оценка характера адаптации дает информацию о комплексном влиянии условий быта и труда на различных эколого-гигиенических территориях Арктической зоны России.

⁶Постановление Правительства Российской Федерации от 29.12.2007 г. № 946 «О продовольственном обеспечении военнослужащих и некоторых других категорий лиц, а также об обеспечении кормами (продуктами) штатных животных воинских частей и организаций в мирное время» в редакции Постановления Правительства Российской Федерации от 18.0.2020 г. № 1484).

Сведения об авторах

Рахманов Рофаиль Салыхович – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры гигиены, Приволжский исследовательский медицинский университет; Россия, 603905, г. Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, д. 10/1; ORCID: 0000-0003-1531-5518; e-mail: raf53@mail.ru

Богомолова Елена Сергеевна – доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой гигиены, Приволжский исследовательский медицинский университет; Россия, 603905, г. Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, д. 10/1; ORCID: 0000-0002-1573-3667; e-mail: olenabgm@rambler.ru

Нарутдинов Денис Алексеевич – доктор медицинских наук, преподаватель кафедры общественного здоровья и здравоохранения, Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В. Ф. Войно-Ясенецкого; Россия, 660022, Красноярск, ул. Партизана Железняка, д. 1; ORCID: 0000-0002-5438-8755; e-mail: den007-19@mail.ru

Разгулин Сергей Александрович – доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой медицины катастроф, Приволжский исследовательский медицинский университет; Россия, 603905, г. Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, д. 10/1; ORCID: 0000 0001-8356- 2970; e-mail: kafedramk@pimunn.ru

Потехина Наталья Николаевна – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры гигиены, Приволжский исследовательский медицинский университет; Россия, 603905, г. Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, д. 10/1; ORCID: 0000-0001-6519-5513; e-mail: nn-potechina@yandex.ru

Евдокимов Александр Владимирович – кандидат медицинских наук, ассистент кафедры гигиены, Приволжский исследовательский медицинский университет, Россия, 603905, Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, д. 10/1; ORCID: 0000-0003-1588-071X; e-mail: doktor_77@bk.ru

Information about the authors

Rofail S. Rakhmanov – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Professor of the Department of Hygiene, Privolzhsky Research Medical University; Russia, 603905, Nizhny Novgorod, Minin and Pozharsky Sq., 10/1; ORCID: 0000-0003-1531-5518; e-mail: raf53@mail.ru

Elena S. Bogomolova, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Hygiene, Privolzhsky Research Medical University; Russia, 603905, Nizhny Novgorod, Minin and Pozharsky Sq., 10/1; ORCID: 0000-0002-1573-3667; mail: olenabgm@rambler.ru

Denis A. Narutdinov – Dr. of Sci. (Med.), Lecturer, Department of Public Health and Healthcare, Krasnoyarsk State Medical University named after prof. V. F. Voino-Yasenetsky; Russia, 660022, Krasnoyarsk, Partizan Zheleznyak Str., 1; ORCID: 0000-0002-5438-8755; e-mail: den007-19@mail.ru

Sergey A. Razgulin, Dr. of Sci. (Med.), assistant professor, Head of the Department of Disaster Medicine, Privolzhsky Research Medical University; Russia, 603905, Nizhny Novgorod, Minin and Pozharsky Sq., 10/1; ORCID: 0000 0001-8356-2970; e-mail: kafedramk@pimunn.ru

Natalya N. Potekhina – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Professor of the Department of Hygiene of the Federal State Budgetary Educational Institution “Privolzhsky Research Medical University” of the Ministry of Health of the Russian Federation; 603905, Nizhny Novgorod, Minin and Pozharsky Sq., 10/1; ORCID: 0000-0001-6519-5513; e-mail: nn-potechina@yandex.ru

Alexander V. Evdokimov – Cand. of Sci. (Med.), Assistant Professor, Department of Hygiene, Privolzhsky Research Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation; 603905, Nizhny Novgorod, Minin and Pozharsky Sq., 10/1; ORCID: 0000-0003-1588-071X; e-mail: doktor_77@bk.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 — *Р. С. Рахманов*; сбор данных — *Д. А. Нарутдинов*; математический анализ данных — *С. А. Разгулин*; литературный обзор — *А. В. Евдокимов*; подготовка рукописи — *Р. С. Рахманов*, *Е. С. Богомолова*, *Н. Н. Потехина*.

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: RSR concept and design of the study. DAN data collection. SAR mathematical analysis of data. AVE literature review. RSR, ESB, NNP preparation of the manuscript.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Соответствие принципам этики: Исследование было проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (в редакции 2013 г.) и одобрено этическим комитетом Приволжского исследовательского института (протокол № 4 от 14.03.2022 г.). От всех участников было получено письменное информированное согласие на участие в исследовании.

Adherence to ethical standards: The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki of the World Medical Association (as amended in 2013) and approved by the ethical committee of the Volga Research Institute (protocol No. 4 dated March 14, 2022). Written informed consent was obtained from all participants to participate in the study.

Финансирование: исследование проведено без дополнительного финансирования.

Funding: the study was carried out without additional funding.

Поступила/Received: 05.11.2025
Принята к печати/Accepted: 15.03.2026
Опубликована/Published: 30.03.2026

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Безменова И. Н. Выбор информативных генетических маркеров для оценки адаптационного потенциала жителей-северян (обзор) // *Здоровье населения и среда обитания* – ЗНиСО. 2023. Т. 31, № 1. С. 7–12 [Bezmenova I. N. Selection of informative genetic markers for assessing the adaptive potential of northern residents (review). *Population Health and Habitat* - ZNiSO, 2023, Vol. 31, No. 1, pp. 7–12 (In Russ.)]. doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-1-7-12.
2. Бельчусова Е. А., Николаева Е. Н., Колосова О. Н. Неспецифические адаптивные реакции организма коренных жителей Арктики // *Современные проблемы науки и образования*. 2016. № 3. С. 387 [Bel'chusova E. A., Nikolaeva E. N., Kolosova O. N. Non-specific adaptive reactions of the organism of the indigenous inhabitants of the Arctic. *Modern problems of science and education*, 2016, No. 3, pp. 387 (in Russ.)].
3. Лозовская С. А., Косолапов А. Б., Изергина Е. В. Территориальные особенности адаптации населения Восточной Арктики России // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2021. № 12. С. 94–99 [Lozovskaya S. A., Kosolapov A. B., Izergina E. V. Territorial features of adaptation of the population of the Eastern Arctic of Russia // *International journal of applied and fundamental research*. 2021. No. 12. P. 94–99].

- Arctic of Russia. *International Journal of Applied and Fundamental Research*, 2021, No. 12, pp. 94–99 (In Russ.)). doi: 10.17513/mjpf.13337.
4. Авцын А. П., Жаворонков А. А., Марачев А. Г., Милованов А. П. Патология человека на Севере. М.: Медицина, 1985. 415 с. [Avtsyn A. P., Zhavoronkov A. A., Marachev A. G., Milovanov A. P. Human pathology in the North. Moscow: Medicine, 1985, 415 p. (In Russ.).]
 5. Агаджанян Н. А., Ермакова Н. Е. Экологический портрет человека на Севере. М.: Крук; 1997. 206 с. [Agadzhanian N. A., Ermakova N. E. Ecological portrait of man in the North. Moscow: Kruk; 1997. 206 p. (In Russ.).]
 6. Казначеев В. П., Куликов В. Ю., Панин Л. Е., Моколов В. П., Ляхович В. В. и др. Механизмы адаптации человека в условиях высоких широт. М.: Медицина. 1980. 200 с. [Kaznacheev V. P., Kulikov V. Yu., Panin L. E., Mokolov V. P., Lyakhovich V. V., et al. Mechanisms of human adaptation in high latitudes. Moscow: Meditsina, 1980. 200 p. (In Russ.).]
 7. Гридин Л. А., Шишов А. А., Дворников М. В. Особенности адаптационных реакций человека в условиях Крайнего Севера // *Здоровье населения и среда обитания*. 2014. № 4(253). С 4–6 [Gridin L. A., Shishov A. A., Dvornikov M. V. Features of human adaptive reactions in the conditions of the Far North. *Population health and habitat*. 2014. No. 4 (253). pp. 4–6 (In Russ.).]
 8. Гридин Л. А. Адаптационные реакции человека в условиях Крайнего Севера // *Политика и общество*. 2015. № 10. С. 1353–1362 [Gridin L. A. Human adaptation reactions in the Far North. *Politics and Society*, 2015, No. 10, pp. 1353–1362 (In Russ.)). doi: 10.7256/1812–8696.2015.10.15173.
 9. Зырянов Б. Н., Соколова Т. Ф. Адаптационные реакции и иммунитет у пришлого населения Крайнего Севера. *Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа*. 2021. № 2 (111). С. 48–58 [Zyryanov B. N., Sokolova T. F. Adaptation reactions and immunity in the migrant population of the Far North. *Scientific Bulletin of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug*, 2021, No. 2 (111), pp. 48–58 (In Russ.)). doi: 10.26110/ARCTIC.2021.111.2.003.
 10. Багнетова Е. А., Малокова Т. И., Болотов С. В. К вопросу об адаптации организма человека к условиям жизни в северном регионе // *Успехи современного естествознания*. 2021. № 4. С. 111–116 [Bagnetova E. A., Malukova T. I., Bolotov S. V. On the issue of adaptation of the human body to living conditions in the northern region. *Advances in modern natural science*, 2021, No. 4, pp. 111–116 (In Russ.)). doi: 10.17513/use.37616.
 11. Луговая Е. А., Аверьянова И. В. Оценка коэффициента напряжения адаптационных резервов организма при хроническом воздействии факторов Севера // *Анализ риска здоровью*, 2020, № 2, С. 101–109 [Lugovaya E. A., Averianova I. V. Assessment of the stress coefficient of the body's adaptive reserves under chronic exposure to Northern factors. *Health Risk Analysis*, 2020, No. 2, pp. 101–109 (In Russ.)). doi: 10.21668/health.risk/2020.2.11.
 12. Алимсултанов И. И., Евсиенко Р. Р., Бокарев М. А. Профилактика дизадаптационных расстройств у военнослужащих при военно-профессиональной адаптации в условиях Крайнего Севера // *Известия Российской Военно-медицинской академии*. 2021. Т. 40, № S1–3. С 5–9 [Alimsultanov I. I., Evsienko R. R., Bokarev M. A. Prevention of maladaptation disorders in military personnel during military-professional adaptation in the Far North. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*, 2021, Vol. 40, No. S1–3, pp. 5–9 (In Russ.).]
 13. Нагибович О. А., Уховский Д. М., Жекалов А. Н., Ткачук Н. А., Аржавкина Л. Г., Богданова Е. Г. и др. Механизмы гипоксии в Арктической зоне Российской Федерации // *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. 2016. № 2 (54). С. 202–205 [Nagibovich O. A., Ukhovskiy D. M., Zhekalov A. N., Tkachuk N. A., Arzhavkina L. G., Bogdanova E. G., et al. Mechanisms of hypoxia in the Arctic zone of the Russian Federation. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*, 2016, No. 2 (54), pp. 202–205 (In Russ.).]
 14. Рахманов Р. С., Нарутдинов Д. А., Богомолова Е. С., Разгулин С. А., Аликберов М. Х., Непряхин Д. В. Оценка реакции организма военнослужащих в Арктике по показателям крови в условиях водопользования местными ресурсами // *Здоровье населения и среда обитания*. 2023. Т. 31, № 7. С. 48–54 [Rakhmanov R. S., Narutdinov D. A., Bogomolova E. S., Razgulin S. A., Alikberov M. Kh., Nepryakhin D. V. Evaluation of the reaction of the body of military personnel in the Arctic based on blood parameters in conditions of water use by local resources. *Population Health and Habitat*, 2023, Vol. 31, No. 7, pp. 48–54 (In Russ.)). doi: 10.35627/2219–5238/2023–31–7–48–54.
 15. Гаркави Л. Х. *Активационная терапия: антистрессорные реакции активации и тренировки и их использование для оздоровления, профилактики и лечения*. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета. 2006 [Garkavi L. Kh. *Activation therapy: anti-stress reactions of activation and training and their use for health improvement, prevention and treatment*. Rostov-on-Don: Rostov University Publishing House, 2006, 256 p. (In Russ.).]
 16. Абрамович С. Г. Неспецифическая адаптационная реактивность и её роль в физиотерапии // *Сибирский медицинский журнал (Иркутск)*. 2001. Т. 24, № 1. С. 5–9 [Abramovich S. G. Nonspecific adaptive reactivity and its role in physiotherapy. *Siberian Medical Journal (Irkutsk)*, 2001, Vol. 24, No. 1, pp. 5–9 (In Russ.).]
 17. Ревич Б. А. Риски здоровью населения в «горячих точках» от химического загрязнения Арктического макрорегиона // *Проблемы прогнозирования*. 2020. № 2(179). С. 148–157 [Revich B. A. Health risks to the population in “hot spots” from chemical pollution of the Arctic macroregion. *Problems of Forecasting*, 2020, N 2(179), pp. 148–157 (In Russ.).]
 18. Гуцол Л. О., Гузовская Е. В., Серебренникова С. Н., Семинский И. Ж. Стресс (общий адаптационный синдром) // *Байкальский медицинский журнал*. 2022. 1(1). С. 70–80 [Gutsol L. O., Guzovskaya E. V., Serebrennikova S. N., Seminsky I. Zh. Stress (general adaptation syndrome). *Baikal Medical Journal*, 2022, 1 (1), pp. 70–80 (In Russ.)). doi: 10.57256/2949–0715–2022–1–70–80.

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ РИСК У СПЕЦИАЛИСТОВ ОПАСНЫХ ПРОФЕССИЙ

¹В. В. Соченко*, ²К. В. Сапожников, ¹С. А. Парфенов, ¹А. В. Седов, ¹Ю. Р. Ханкевич

¹Межрегиональное бюро судебных экспертиз, Санкт-Петербург, Россия

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

ЦЕЛЬ. Систематизация уровней профессионального риска, анализ причин аварийности в высокорисковых отраслях и оценка современных стратегий управления рисками для специалистов опасных профессий (ОП).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Исследование основано на анализе количественных уровней глобального риска смерти (вероятность летального исхода в год); применении профессиональной градации риска И. Б. Ушакова; изучении критериев классификации ОП (уровень смертности, травматизм, условия труда, человеческий фактор); рассмотрении системных причин аварий (2020–2025 гг.) в авиации, автотранспорте, горнодобывающей и строительной отраслях; оценке подходов к снижению риска на основе международных стандартов (ISO 45001, ГОСТ Р ИСО 31000, PN-N18002) и моделей (Human Factors Analysis and Classification System - HFACS).

РЕЗУЛЬТАТЫ. Уровни глобального риска смерти варьируют от 10^{-6} (бытовые отравления) до $2,5 \cdot 10^{-3}$ (смертность от внешних причин в РФ). Социально приемлемый профессиональный риск – $5,0 \cdot 10^{-4}$. Градация профессионального риска по Ушакову: исключительно высокий ($> 10^{-2}$): летчики-испытатели, пожарные, военные в зонах боевых действий; очень высокий (10^{-3} – 10^{-2}): горноспасатели, верхолазы, военные на опасных заданиях. Ключевые критерии ОП: смертность – до 145 случаев на 100 тыс. чел. (рыбопромысловый флот); травматизм – 23 % смертей в строительстве (США) от падений; человеческий фактор – 70–80 % аварий в авиации и нефтегазовой отрасли. Статистика аварий (2020–2025): Китай – 57 % ДТП с грузовиками из-за ошибок водителей; 1 тыс. смертей шахтеров (2020). РФ – 14,4 тыс. погибших в ДТП (2024), рост аварийности на 4,5 % (2025). США – 23 % смертей строителей при падениях, частично связанных с неэргономичными средствами индивидуальной защиты (СИЗ).

ОБСУЖДЕНИЕ. Профессиональный риск ОП определяется комплексным воздействием средовых, психофизиологических (стресс, утомление) и организационных факторов. Системные проблемы включают недостатки подготовки и нарушение регламентов, пренебрежение СИЗ из-за их неудобства, отсутствие мониторинга функциональных состояний. Эффективные стратегии снижения риска: технологические – биометрический мониторинг усталости (–31 % ошибок), VR-тренажеры (+44 % к навыкам), датчики в СИЗ; организационные – внедрение HFACS (выявляет 92 % организационных причин), стандартов ISO 45001, систем безвиновного отчетов (–57 % инцидентов в нефтегазовой отрасли); образовательные/Поведенческие – тренинги на симуляторах, управление стрессом (–25 % ПТСР).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Управление рисками в ОП требует интеграции технологических (ИИ, биометрия), эргономических (оптимизация СИЗ и интерфейсов), организационных (международные стандарты) и психологических подходов. Приоритетами являются законодательное закрепление оценки рисков (по модели Нидерландов), предиктивная аналитика и формирование культуры безопасности. Реализация комбинированных мер минимизирует профессиональную угрозу для специалистов ОП при сохранении высокой социальной значимости их труда.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. морская медицина, опасные профессии, профессиональный риск, смертность, человеческий фактор, управление рисками, биометрический мониторинг

*Для корреспонденции: Соченко Виталий Викторович, e-mail: vvsochenko77@mail.ru

*For correspondence: Vitaliy V. Sochenko, e-mail: vvsochenko77@mail.ru

Для цитирования: Соченко В. В., Сапожников К. В., Парфенов С. А., Седов А. В., Ханкевич Ю. Р. Профессиональный риск у специалистов опасных профессий // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 1. С. 95–102, EDN: <https://elibrary.ru/FRCMXB>

For citation: Sochenko V.V., Sapozhnikov K.V., Parfenov S.A., Sedov A.V., Khankevich Yu.R. Occupational risk of specialists in hazardous professions // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 1. P. 95–102, EDN: <https://elibrary.ru/FRCMXB>

© 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>

OCCUPATIONAL RISK OF SPECIALISTS IN HAZARDOUS PROFESSIONS

¹Vitaly V. Sochenko*, ²Kirill V. Sapozhnikov, ¹Sergey A. Parfenov, ¹Aleksandr V. Sedov,
¹Yuriy R. Khankevich

¹ Interregional Bureau of Forensic Examinations, Saint Petersburg, Russia

² Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia.

OBJECTIVE. Systematization of occupational risk levels, analysis of accident causes in high-risk industries and evaluation of modern risk management strategies for specialists of hazardous occupations.

MATERIALS AND METHODS. The study is based on an analysis of quantitative levels of global mortality risk (probability of a fatal outcome per year); the application of I.B. Ushakov's professional risk gradation; a study of the criteria for classifying HO (mortality rate, injuries, working conditions, human factor); examination of systemic causes of accidents (2020–2025) in aviation, motor transport, mining, and construction industries; an assessment of approaches to risk reduction based on international standards (ISO 45001, GOST R ISO 31000, PN-N18002) and models (Human Factors Analysis and Classification System - HFACS).

RESULTS. Global mortality risk levels vary from 10^{-6} (household poisoning) to $2.5 \cdot 10^{-3}$ (mortality from external causes in the Russian Federation). Socially acceptable occupational risk is $5.0 \cdot 10^{-4}$. Ushakov's gradation of occupational risk: extremely high ($> 10^{-2}$): test pilots, firefighters, military personnel in combat zones; very high (10^{-3} – 10^{-2}): mine rescuers, steeplejacks, military personnel on dangerous missions. Key criteria of HO: mortality - up to 145 cases per 100,000 people (fishing fleet); injuries - 23% of deaths in construction (USA) from falls; human factor - 70–80% of accidents in aviation and the oil and gas industry. Accident statistics (2020–2025): China - 57% of truck accidents due to driver error; 1,000 miner deaths (2020). Russia - 14,400 road accident fatalities (2024), with a 4.5% increase in accidents (2025). USA - 23% of construction worker deaths from falls, partly related to non-ergonomic personal protective equipment (PPE).

DISCUSSION. The occupational risk of HO is determined by the complex impact of environmental, psychophysiological (stress, fatigue), and organizational factors. Systemic problems include inadequate training and violations of regulations, neglect of PPE due to its inconvenience, and lack of monitoring of functional states. Effective risk mitigation strategies include: technological - biometric fatigue monitoring (-31% of errors), VR simulators (+44% to skills), sensors in PPE; organizational - implementation of HFACS (identifies 92% of organizational causes), ISO 45001 standards, no-fault reporting systems (-57% of incidents in the oil and gas industry); educational/behavioral - simulator training, stress management (-25% of PTSD).

CONCLUSION. Risk management in the workplace requires the integration of technological (AI, biometrics), ergonomic (optimization of PPE and interfaces), organizational (international standards), and psychological approaches. Priorities include legislatively enshrining risk assessment (following the Dutch model), predictive analytics, and fostering a safety culture. Implementing these combined measures will minimize the professional risk to workplace specialists while maintaining the high social significance of their work.

KEYWORDS. marine medicine, maritime medicine, hazardous occupations, occupational risk, mortality, human factor, risk management, biometric monitoring

Введение. Современная концепция лиц опасных профессий (ОП) подразумевает специфические контингенты специалистов, характеризующиеся уникальным набором определяющих признаков. Ключевыми среди них выступают исключительно высокая социальная значимость выполняемой деятельности, экстремально жесткие требования к развитию профессионально важных качеств (как физических, так и психологических), а также неизбежная работа в условиях постоянного и комплексного воздействия неблагоприятных факторов производственной среды и самой профессиональной деятельности. Дополнительными, но не менее существенными характеристиками являются осознанный выбор служения, несмотря на сопряженные риски, и развитое чувство профессиональной солидарности [1–5].

При оценке степени опасности конкретной профессии центральное значение приобретают два взаимосвязанных аспекта. Во-первых, это

необходимость тщательного анализа взаимоотношений между индивидуумом и окружающей его профессиональной средой. Данный анализ чаще всего осуществляется через механизм обратной связи, позволяющий отслеживать адаптационные реакции организма и психики на экстремальные нагрузки. Во-вторых, критически важным является понятие индивидуальной меры риска. Эта мера отражает вероятностную оценку угрозы жизни и здоровью специалиста и неразрывно связана с постоянным высоким напряжением физических и психических сил человека, мобилизуемых для преодоления многочисленных стрессогенных ситуаций, присущих такой деятельности [5].

Цель. Систематизация уровней профессионального риска, анализ причин аварийности в высокорисковых отраслях и оценка современных стратегий управления рисками для специалистов ОП.

Материалы и методы. В основу методологического подхода исследования положена концепция профессионального риска как фундаментальной категории человеческого бытия, представляющей собой эволюционно обусловленную и имманентную сущность активной жизнедеятельности. Исследование базировалось на комплексном анализе следующих компонентов.

1. Теоретико-методологическая основа

- систематизация философско-биологических аспектов риска, проистекающих из базовых закономерностей взаимодействия организма со средой [4];
- критический анализ концепции индивидуальной меры риска как вероятностной оценки угрозы жизни и здоровью в условиях профессионального стресса [5].

2. Количественные методы оценки риска

Применение системы градации уровней глобального риска смерти, выраженных как годовая вероятность летального исхода [4]. Данные уровни включали:

- фоновые риски (отравление выхлопными газами: $(1,0-5,0) \cdot 10^{-6}$;
- природные катастрофы ($1,0 \cdot 10^{-5}$);
- техногенные воздействия (загрязнение воздуха ТЭС: $(0,4-2,0) \cdot 10^{-6}$;
- социально приемлемый профессиональный риск ($5,0 \cdot 10^{-4}$);
- адаптация профессиональной градации И. Б. Ушакова [4], классифицирующей риск по четырем уровням на основе прогнозируемой годовой смертности ($> 10^{-2}$; $10^{-3}-10^{-2}$; $10^{-4}-10^{-3}$; $< 10^{-4}$).

3. Критериальная база для идентификации ОП

Разработка многофакторной модели классификации ОП на следующей основе:

- показателей смертности (количество случаев на 100 тыс. работников);
- уровня травматизма (частота и тяжесть неслетальных повреждений);
- характеристик условий труда (экстремальность среды, психофизиологические нагрузки);
- анализа человеческого фактора (вклад ошибок персонала в аварийность) [6, 7].

4. Методы сбора и анализа эмпирических данных

Ретроспективный анализ статистики аварийности (2020–2025) в ключевых отраслях (авиа-

ция, транспорт, добывающая промышленность, строительство) с акцентом на:

- количественные показатели (число инцидентов, смертей, травм);
- качественные факторы (причины аварий, роль эргономики, эффективность СИЗ);
- динамику изменений (тренды роста/снижения показателей) [6–8];
- сравнительную оценку международного опыта (данные США, Китая).

Нормативно-методическая база

Анализ релевантных стандартов управления рисками:

- ISO 45001 «Системы менеджмента профессионального здоровья и безопасности»;
- ГОСТ Р ИСО 31 000 «Менеджмент риска. Принципы и руководство»;
- PN-N18002 (Польша) как модель обязательной оценки рисков [7, 9–16];
- изучение юридических аспектов (обязательность оценки рисков, уголовная ответственность за нарушения).

Анализ стратегий снижения риска

- таксономия подходов (технологический, эргономический, организационный, образовательный, поведенческий) [11–15];
- оценка эффективности инновационных решений (биометрический мониторинг, VR-тренажеры, системы управления типа HFACS) на основе метрик снижения ошибок и травматизма^{1,2,3,4} [12, 16–19].

¹Loignon A., Wormington S. How Leaders Can Build Psychological Safety at Work. April 10, 2024. URL: <https://www.ccl.org/articles/leading-effectively-articles/what-is-psychological-safety-at-work/#> (дата обращения: 08.02.2025)

²Wang Xuesong, Zhou Yanru, Filtiness Ashleigh, Wang Chao, Tang Xiaowei, Liu Shikun, et al. (2025). Applying human factors analysis and classification system for commercial vehicles crashes investigation and critical failure routes analysis. Loughborough University. Journal contribution. <https://hdl.handle.net/2134/28892891.v1>

³Dienagha I. K., Onyeke F. O. Human Factors and Safety Culture in High-Risk Energy Operations: Strategies to Minimize Human Error and Enhance Compliance [Электронный ресурс]. – URL: <https://rsisinternational.org/journals/ijriss/articles/human-factors-and-safety-culture-in-high-risk-energy-operations-strategies-to-minimize-human-error-and-enhance-compliance>

⁴Ardestani A. Statistical Analysis of Human Factors and Technological Advancements in Enhancing Aviation Safety [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.linkedin.com/pulse/statistical-analysis-human-factors-technological-safety-ali-ardestani-zdh5f>

Обоснование выбора методов. Комплексный характер исследования потребовал интеграции теоретического анализа, количественных оценок, нормативного обзора и изучения эмпирических данных. Это позволило обеспечить системность в оценке рисков ОП и верификации стратегий управления ими.

Риск как фундаментальная категория человеческого бытия представляет собой неотъемлемую и эволюционно обусловленную сущность всего живого. Он проистекает из базовых закономерностей взаимодействия организма с окружающим миром и является имманентным свойством активной жизнедеятельности.

В современной науке принято выделять несколько количественных уровней риска смерти, выражаемых как вероятность наступления летального исхода в течение одного года [4]. Применительно к профессиональной деятельности И. Б. Ушаковым [4] разработана детальная градация уровней риска смерти. Опасная профессия определяется как вид трудовой деятельности с повышенным риском травматизма, заболеваний или смертности из-за специфики производственных условий. Ключевые критерии классификации [6, 7]: уровень смертности, травматизм, условия труда, человеческий фактор. Используются стандарты ISO 45001 и ГОСТ Р ИСО 31000 [7, 9–16].

Результаты. Глобальный риск смерти [4]

- уровень $(1,0-5,0) \cdot 10^{-6}$ – соответствует риску, связанному с отравлением выхлопными газами автомобилей в обычных городских условиях;

- уровень $1,0 \cdot 10^{-5}$ – характеризует риск, обусловленный флуктуациями (естественными колебаниями) природной среды обитания, такими как землетрясения, катастрофические наводнения, разрушительные ураганы, смерчи и удары молний во время гроз;

- уровень $(0,4-2,0) \cdot 10^{-6}$ – отражает риск, вызванный систематическим загрязнением атмосферного воздуха выбросами предприятий топливно-энергетического комплекса (ТЭС, ТЭЦ);

- уровень $7,5 \cdot 10^{-5}$ – соответствует риску гибели в ходе ведения локальных военных действий в период, условно определяемый как мирное время.

- уровень $5,0 \cdot 10^{-4}$ – признается в качестве социально приемлемого (толерантного) уровня риска, непосредственно связанного с воздей-

ствием профессиональных вредных и опасных факторов производственной среды.

- уровень $(1,7-2,5) \cdot 10^{-3}$ – эквивалентен уровню смертности в Российской Федерации от внешних причин, включая убийства, несчастные случаи, приведшие к тяжелым травмам, и острые отравления.

Применительно непосредственно к профессиональной деятельности И. Б. Ушаковым [4] разработана детальная градация уровней риска смерти, которая служит основой для разработки мер защиты и безопасности.

- *Исключительно высокий уровень риска* (прогнозируемая вероятность смерти $> 10^{-2}$ в год) требует обязательного применения максимальных мер индивидуальной и коллективной защиты. К данной категории относятся специалисты с *особо опасными условиями труда*: летчики-испытатели новой авиатехники, пилоты истребительной авиации и боевых вертолетов, пожарные, ведущие борьбу с огнем в непосредственной близости от очага, профессиональные автогонщики (Формула-1, ралли), военнослужащие, принимающие непосредственное участие в боевых действиях высокой интенсивности (в конфликтах неядерного характера).

- *Очень высокий и высокий риск* (прогнозируемая вероятность смерти $10^{-3}-10^{-2}$ в год) диктует необходимость строгого соблюдения комплексных мер безопасности и постоянного контроля. В эту группу входят представители ОП, такие как летчики бомбардировочной авиации, промышленные альпинисты (верхолазы), мотогонщики, участники высокогорных экспедиций (альпинисты), спасатели международных служб, специалисты, занимающиеся ликвидацией последствий крупных техногенных аварий и природных катастроф, а также военнослужащие, несущие службу в зонах потенциального конфликта или выполняющие особо опасные задания в мирное время.

- *Сравнительно невысокий (умеренный) уровень риска* (прогнозируемая вероятность смерти $10^{-4}-10^{-3}$ в год) характерен для профессий с относительно безопасными или контролируемыми условиями труда, где стандартные меры охраны труда считаются достаточными для минимизации угроз.

- *Ничтожно малый* (пренебрежимо низкий) уровень риска (прогнозируемая вероятность смерти $< 10^{-4}$ в год) соответствует профессио-

нальной деятельности, осуществляемой в условиях, признанных полностью безопасными, где вероятность гибели в результате профессиональных факторов чрезвычайно мала и сопоставима с фоновыми рисками повседневной жизни.

Итак, ОП определяется как вид трудовой деятельности с повышенным риском травматизма, заболеваний или смертности из-за специфики производственных условий. Ключевые критерии классификации [6, 7].

- уровень смертности: количество смертельных случаев на 100 тыс. работников. Например, в морском рыболовном флоте (145 смертей на 100 тыс.) и лесозаготовках (110 смертей) этот показатель наиболее высок;

- травматизм: частота несмертельных травм, например, при падениях с высоты у строителей (23 смерти на 100 тыс.) или поражениях током у электриков;

- условия труда: работа в экстремальных средах (шахты, морские суда), с опасными веществами или под психологическим давлением;

- человеческий фактор: пренебрежение правилами безопасности из-за превышения длительности работы, развития негативных функциональных состояний или недостаточной профессиональной подготовки, что характерно для 70–80 % аварий в авиации и нефтегазовой отрасли.

Проблема происшествий в области человеческого труда высокого риска демонстрирует системный и лонгитюдный характер, несмотря на высокую регламентацию и развитие современного института охраны труда. В качестве примеров можно привести случаи крупнейших аварий в высокорисковых отраслях, произошедших не только из-за ошибок операторов как следствие недостаточной профессиональной и функциональной надежности, и со стороны материально-технического и эргономического обеспечения работников [6–8]:

- в 2020 г. было зафиксировано 40 коммерческих авиапроисшествий, где 70–80 % связаны с человеческими ошибками: усталость пилотов, недостаточная подготовка к ручному управлению при отказах автопилота (кейс Air France 447). Стоит вспомнить также роль авиационной эргономики и мониторинга работоспособности: неадаптированные интерфейсы управления в авиации и отсутствие биометрического мо-

нитинга усталости (кейс Lion Air 610). После введения мониторинга утомления системой искусственного интеллекта число ошибок пилотов удалось снизить;

- 2021 г. в США погибли 5190 человек; 30–40 % смертельных ДТП с грузовиками вызваны усталостью водителей. В Китае 57 % аварий коммерческого транспорта напрямую связаны с человеческим фактором;

- 2020 г. в Китае зафиксирована 1 тыс. смертей горняков из-за нарушений правил проветривания и использования оборудования. Взрывы на нефтедобывающих платформах часто вызваны сочетанием технических сбоев и пренебрежения СИЗ;

- падения с высоты – причина 183 смертей в РФ и 23 % смертельных случаев в США среди строителей (2020 г.). В этих случаях частично задействованы неудобные СИЗ у электриков и высотников, ведущие к снижению подвижности и росту травм;

- статистика ГИБДД за 2024 г. показывает, что на дорогах России произошло 132 тыс. дорожно-транспортных происшествий (ДТП), в результате которых погибли 14,4 тыс. человек и ранены 164,7 тыс. Наиболее распространенными видами ДТП были столкновения (58,3 тыс.), наезды на пешеходов (34,3 тыс.) и съезды с дорог (13,7 тыс.). При этом в 2025 г. наблюдается тенденция к росту аварийности: на начало года количество ДТП увеличилось на 4,5 %, количество смертельных случаев – на 2,3 %, а пострадавших – на 4,3 %. В 2024 г. в Москве произошло 8941 ДТП, что на 10,1 % больше, чем в предыдущем году. Высокие показатели аварийности зафиксированы в Краснодарском крае (6155 ДТП), Нижегородской области (4619 ДТП) и Санкт-Петербурге (4005 ДТП).

Обсуждение. Профессиональный риск как комплексная вероятность причинения вреда здоровью с учетом тяжести последствий может включать целый ряд компонентов, к которым наиболее часто разрабатывается набор мер снижения риска [7, 9, 10]:

- факторы рабочей среды (обитаемости);
- психофизиологические факторы, такие как высокий уровень ответственности и стресса, усталость, витальная угроза, профессиональное выгорание;

- организационные факторы, например, недостатки планирования рабочей загрузки и регламентации работ, некачественное про-

фессиональное обучение, включая отсутствие актуализации учебных программ.

Следует отметить необходимость отражения оценки профессионального риска в законодательстве. Так, согласно современным требованиям, оценка рисков обязательна при вводе новых рабочих мест, а нарушение процедур влечет уголовную ответственность. Используются стандарты ISO 45001 и ГОСТ Р ИСО 31000.

Современные подходы к снижению профессионального риска у специалистов опасных профессий можно разделить на несколько направлений. Технологический подход предполагает применение более безопасных технологий и оборудования, автоматизацию опасных производственных процессов, использование роботизированных систем, замену человека в особо опасных зонах. Эргономический подход направлен на адаптацию рабочего места и оборудования к физиологическим и психологическим особенностям человека и включает проектирование рабочих мест с учетом антропометрических данных, оптимизацию расположения органов управления и средств отображения информации, создание комфортных условий труда, разработку интуитивно понятных интерфейсов. Организационный подход включает разработку и внедрение систем управления охраной труда, установление рационального режима труда и отдыха, регламентацию безопасных методов выполнения работ, проведение медицинских осмотров и психофизиологического отбора персонала. Образовательный подход предполагает обучение персонала безопасным методам работы, регулярные тренировки действий в аварийных ситуациях, использование симуляторов и тренажеров для отработки навыков, а также своевременное обновление материала учебных программ с учетом динамики в отрасли. Поведенческий подход фокусируется на формировании осознанного отношения к безопасности, предупреждении, выявлении и коррекции опасных действий работников, мотивации к безопасному труду, психологической поддержке [11–15].

Среди новых стратегий снижения рисков можно выделить несколько основных направлений [6–8, 10, 12, 16].

Технологические инновации:

биометрические системы мониторинга усталости пилотов и водителей с видеоконтролем и носимыми устройствами способствуют сни-

жению риска операторских ошибок на 31 %;

- VR-тренажеры в авиации для отработки действий в аварийных ситуациях обеспечивают улучшение оценки навыков на 44 %;

- датчики в СИЗ, например, RFID-метки в касках шахтеров увеличивают шансы на выживание за счет отслеживания локации работника при обвалах.

Системы управления безопасностью:

- модель Human Factors Analysis and Classification System (HFACS), предусматривающая анализ инцидентов на 4 уровнях (организационные влияния, супервизия, предпосылки, небезопасные действия), применена для расследования аварий грузовиков в Китае, выявив 92 % вклада организационных факторов;

- стандарт PN-N18002 «Системы управления сферой здоровья и безопасности работников. Общее руководство по оценке профессиональных рисков», который включает обязательную оценку рисков работодателем с участием сотрудников и инспекций;

- стандартизация оценки рисков по примеру Нидерландов, где закон об условиях труда требует ежегодных отчетов по снижению риска.

Культурно-поведенческие изменения:

- система безвиновного отчетования об ошибках (near-miss), внедренная Shell и Aradel Holdings, позволила оптимизировать и существенно повысить адаптивность системы охраны труда и снизить частоту инцидентов на 57 % за три года использования;

- тренинги по управлению стрессом для военных, пожарных в качестве заблаговременной психофизиологической подготовки снизили уровень посттравматических стрессовых расстройств на 25 %.

Межотраслевой обмен: перенос авиационных практик (HFACS) в автотранспорт и энергетику.

Заключение. Профессиональный риск у специалистов ОП определяется как комплексная вероятность причинения вреда здоровью вследствие специфики производственных условий, в том числе экстремальные факторы среды, психофизиологические нагрузки (стресс, включая боевой, утомление и другие неблагоприятные функциональные состояния) и организационные недостатки (70–80 % аварий в авиации и нефтегазовой отрасли обусловлены человеческим фактором). Статистика 2020–2025 гг. подтверждает системный характер происшествий: 1 тыс. смертей в китайских шахтах (2020 г.), 57 % ДТП с гру-

зовиками в Китае из-за ошибок водителей, 23 % смертей строителей в США при падениях с высоты, что частично связано с эргономическими дефектами СИЗ. Современные стратегии управления рисками интегрируют технологические (ИИ-мониторинг усталости, снижающий ошибки на 31%; VR-тренажеры, улучшающие навыки на 44%), эргономические (адаптация интерфейсов, биометрические датчики в СИЗ), организационные (стандарты ISO 45001, модель HFACS, выявляющая 92% организационных причин аварий), образовательные (динамическое обучение на симуляторах) и поведенческие подходы (системы

безвиновного отчетования, сокращающие инциденты на 57% в нефтегазовой отрасли).

Внедрение комбинированных решений, сочетающих предиктивную аналитику на основе ИИ, эргономическую оптимизацию рабочих мест, нормативное закрепление оценки рисков (по примеру Нидерландов) и культуру безопасности с психологической поддержкой, являются приоритетными для современных структур охраны труда и медицинского обеспечения. Вместе с тем перед внедрением таких решений необходимо провести всестороннюю оценку рисков конкретной профессии.

Сведения об авторах:

Соченко Виталий Викторович – научный сотрудник, Межрегиональное бюро судебных экспертиз; Россия, 194044, Санкт-Петербург, Выборгская набережная, д. 29, литер А, пом. 17-н, офис 227; e-mail: vvsochenko77@mail.ru

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

Парфенов Сергей Александрович – доктор медицинских наук, старший научный сотрудник Межрегиональное бюро судебных экспертиз; Россия, 194044, Санкт-Петербург, Выборгская набережная, д. 29, литер А, пом. 17-н, офис 227; ORCID: 0000-0002-1649-9796; SPIN: 6939-6910; e-mail: sa.parfenov1988@yandex.ru

Седов Александр Владимирович – научный сотрудник, Межрегиональное бюро судебных экспертиз; Россия, 194044, Санкт-Петербург, Выборгская набережная, д. 29, литер А, пом. 17-н, офис 227, ORCID: 0000-0002-1858-6770; e-mail: oma_sedoff@mail.ru

Ханкевич Юрий Ришардович – доктор медицинских наук, старший научный сотрудник, Межрегиональное бюро судебных экспертиз; 194044, Санкт-Петербург, Выборгская набережная, дом 29, литер А, пом. 17-н, офис 227

Information about the authors

Vitaly V. Sochenko – Research Associate, Interregional Bureau of Forensic Examinations LLC; Russia, 194044, Saint Petersburg, Vyborgskaya Embankment, 29, letter A, room 17-n, office 227; e-mail: vvsochenko77@mail.ru

Kirill V. Sapozhnikov – Cand. of Sci. (Med.), Lecturer at the Department Automation of Medical Service Management with Military Medical Statistics; Military Medical Academy named after S. M. Kirov; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0000-0002-2476-7666; e-mail: Marinheira@rambler.ru

Sergey A. Parfenov – Dr. of Sci. (Med.), Senior Research Associate, Interregional Bureau of Forensic Examinations; Russia, 194044, Saint Petersburg, Vyborgskaya Embankment, 29, letter A, room 17-n, office 227; ORCID: 0000-0002-1649-9796; SPIN: 6939-6910; e-mail: sa.parfenov1988@yandex.ru

Aleksandr V. Sedov – Research Associate, Interregional Bureau of Forensic Examinations; Russia, 194044, Saint Petersburg, Vyborgskaya Embankment, 29, letter A, room 17-n, office 227; ORCID: 0000-0002-1858-6770; e-mail: oma_sedoff@mail.ru

Yuriy R. Khankevich – Dr. of Sci. (Med.), Senior Research Associate, Interregional Bureau of Forensic Examinations; Russia, 194044, Saint Petersburg, Vyborgskaya Embankment, 29, letter A, room 17-n, office 227

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. Соченко, К. В. Сапожников, С. А. Парфенов, А. В. Седов, Ю. Р. Ханкевич; сбор и математический анализ данных – К. В. Сапожников; подготовка рукописи – В. В. Соченко, А. В. Седов, К. В. Сапожников, С. А. Парфенов.

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: VVS, KVS, SAP, AVS, YuRKh contribution to the concept and plan of the study. KVS data collection and mathematical analysis. VVS, AVS, KVS, SAP, 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: 10.11.2025
Принята к печати/Accepted: 15.03.2026
Опубликована/Published: 30.03.2026

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Пономаренко В. А. *Психология духовности профессионала*. М.; 1997. 296 с. [Ponomarenko V. A. *Psychology of spirituality of a professional*. Moscow, 1997; 296 p. (In Russ.)].
2. Пономаренко В. А. Этапы развития проблемы безопасности полетов в авиационной медицине // *Космич. биология и авиакосмич. медицина*. 1986. Т. 20, № 3. С. 12–19 [Ponomarenko V. A. Stages of development of the problem of flight safety in aviation medicine. *Kosmich. biology and aerospace medicine*, 1986, Vol. 20, No. 3, pp. 12–19 (In Russ.)].
3. Ушаков И. Б. *Комбинированные воздействия в экологии человека и экстремальной медицине*. М., 2003. 442 с. [Ushakov I. B. *Combined effects in human ecology and extreme medicine*. Moscow, 2003, 442 p. (In Russ.)].
4. Ушаков И. Б. *Экология человека опасных профессий: границы области, концепции, термины и определения*. М. – Воронеж: Воронеж. гос. ун-т; 2000. 128 с. [Ushakov I. B. *Ecology of a person of dangerous professions: boundaries of the region, concepts, terms and definitions*. Moscow – Voronezh: Voronezh State University; 2000, 128 p. (In Russ.)].
5. Ушаков И. Б., Шалимов П. М. Функциональная надежность и функциональные резервы летчика // *Вестн. РАМН*. 1996. № 7. С. 26–31. [Ushakov I. B., Shalimov P. M. Functional reliability and functional reserves of the pilot. *Vestn. Russian Academy of Medical Sciences*, 1996, No. 7, pp. 26–31 (In Russ.)].
6. Блохина М. В., Сафина О. Г., Ульянова М. Н. Профессиональные риски в деятельности среднего медицинского персонала крупной многопрофильной больницы и мероприятия по их снижению // *Практическая медицина*. 2024. Т. 22, № 4. С. 76–81 [Blokhina M. V., Safina O. G., Ulyanova M. N. Occupational risks in the activities of the secondary medical staff of a large multidisciplinary hospital and measures to reduce them. *Practical medicine*, 2024, Vol. 22, No. 4, pp. 76–81 (In Russ.)]. doi: 10.32000/2072-1757-2024-4-76-81.
7. Яковлева Е. В., Фролов А. С., Быков М. О. Снижение уровня профессиональных рисков при работах на высоте посредством обучающей системы СРЕКОТ // *Проблемы анализа риска*. 2022. Т. 19, № 1. С. 24–33 [Yakovleva E. V., Frolov A. S., Bykov M. O. Reducing the level of occupational risks when working at height through the SPEKOT training system. *Problems of risk analysis*, 2022, Vol. 19, No. 1, pp. 24–33 (In Russ.)]. doi: 10.32686/1812-5220-2022-19-1-24-33.
8. Dadoo J. E., Al-Samarraie H., Alzahrani A. I., Lonsdale M., Alalwan N. Digital Innovations for Occupational Safety: Empowering Workers in Hazardous Environments. *Workplace Health Saf.* 2024, 72(3), 84–95. doi: 10.1177/21650799231215811.
9. Bellah J. C., Li K., Zelbst P. J., Gu Q. Use of RFID Technology for Automatic Job Costing. *International Journal of Information Systems and Social Change (IJISSC)*, 2013, Vol. 4(3), pp. 72–88.
10. Гэлаи Д., Круи М., Минасян В. Б., Марк Р. Основы риск-менеджмента. М.: Издательство Юрайт; 2011. 390 с. [Gelai D., Krui M., Minasyan V. B., Mark R. *Fundamentals of risk management*. Moscow: Yurait Publishing House; 2011, 390 p. (In Russ.)].
11. Jensen R. C. *Risk-Reduction Methods for Occupational Safety and Health*. 2nd ed. Hoboken, NJ: Wiley; 2019, 496 p. ISBN 978-1119493990.
12. Priolo G., Vignoli M., Nielsen K. Risk Perception and Safety Behaviors in High-risk Workers: A Systematic Literature Review. *Safety Science*. 2025, 186, Article 106811. doi: 10.1016/j.ssci.2025.106811.
13. Глушаков Р. И., Пирмагомедов Р. Я., Киричек Р. В., Кучерявый А. Е. Медицинские приложения наносетей: отдаленные перспективы. 3-й Азиатско-Тихоокеанский конгресс по военной медицине: Материалы конгресса, Санкт-Петербург, 08–12 августа 2016 г. Санкт-Петербург: Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова; 2016. С. 20–21 [Glushakov R. I., Pirmagomedov R. Ya., Kirichek R. V., Kucheryavy A. E. Medical applications of nanosets: distant prospects. 3rd Asia-Pacific Congress on Military Medicine: Proceedings of the Congress, St. Petersburg, August 08–12, 2016. Saint Petersburg: Kirov Military Medical Academy; 2016, pp. 20–21. EDN YGCAGV. (In Russ.)].
14. Сапожников К. В., Парфенов С. А., Лазарев А. А., Киричек Р. В., Толкачева Д. Г., Мироненко О. Н., Клишкова Н. В., Кулишенко В. В. Синтез бинарных исходов рандомизированных клинических исследований в байесовском сетевом метаанализе // *Вестник Российской военно-медицинской академии*. 2024. Т. 26, № 3. С. 473–482 [Sapozhnikov K. V., Parfenov S. A., Lazarev A. A., Kirichek R. V., Tolkacheva D. G., Mironenko O. N., Klishkova N. V., Kulishenko V. V. Synthesis of binary outcomes of randomized clinical trials in Bayesian network meta-analysis. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*, 2024, Vol. 26, No. 3, pp. 473–482 (In Russ.)]. doi: 10.17816/brmma629333. EDN JJKMBG.
15. Savicheva A., Tapilskaya N., Spasibova E., et al. Secure application of graphene in medicine. *Gynecological Endocrinology*, 2020, Vol. 36, No. S1, pp. 48–52 (In Russ.)]. doi: 10.1080/09513590.2020.1816717. EDN IYCZPD.

ИЗМЕНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГУМОРАЛЬНОГО ИММУНИТЕТА У КОМБАТАНТОВ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ БОЕВОГО СТРЕССА: СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

^{1,2}В. В. Масляков*, ¹С. А. Сидельников, ³О. Н. Павлова, ¹Н. Б. Захарова, ^{1,2}А. Е. Бурекашев,

¹А. Л. Тян, ¹А. В. Страшко

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

ЦЕЛЬ. Изучить влияние стресса, полученного в условиях военных действий, на некоторые показатели гуморального иммунитета у военнослужащих в зависимости от времени, прошедшего от его получения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В исследование включены 100 военнослужащих, которых разделили на две группы: группу сравнения ($n = 20$), в которой исследуемые не участвовали в боевых действиях, и основную ($n = 80$), в которой исследуемые принимали участие в боевых действиях. Все обследованные основной группы были разделены на четыре подгруппы в зависимости от времени, прошедшего с окончания боевых действий. Обследованным основной группы и группы сравнения были проведены исследования иммуноглобулинов крови, компонентов комплемента, цитокинов и фагоцитоза.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Показано, что у военнослужащих, принимавших участие в боевых действиях, отмечается статистически значимое снижение количества иммуноглобулинов (Ig) М и IgG. При изучении С3- и С4-компонентов системы комплемента были получены следующие результаты: в 1-й подгруппе зарегистрировано снижение этого показателя по сравнению с данными группы сравнения; во 2-й подгруппе существенных изменений в данном показателе не отмечено; в 3-й подгруппе регистрировали увеличение С3- и С4-компонентов системы комплемента, однако, он был статистически достоверно снижен по сравнению с группой сравнения; в 4-й подгруппе происходило дальнейшее увеличение указанного показателя. Отмечено статистически достоверное, по сравнению с группой сравнения, увеличение провоспалительных цитокинов. Максимальные цифры были зарегистрированы в 1-й подгруппе, затем они постепенно снижались и минимальных значений достигали в 4-й подгруппе. Однако и в этой группе они не достигали нормальных показателей и оставались повышенными.

ОБСУЖДЕНИЕ. Стрессовая реакция, вызванная участием в боевых действиях, оказывает негативное влияние на показатели гуморального иммунитета. При этом выраженность изменений зависит от срока, прошедшего от момента получения стресса. Наиболее выраженные изменения были отмечены у военнослужащих, у которых от момента участия в боевых действиях прошло не более 6 мес, затем исследуемые показатели постепенно восстанавливались. Наименьшие изменения отмечали у военнослужащих через 21–27 мес после участия в боевых действиях. Однако полного восстановления исследуемых показателей не зарегистрировано ни в одной подгруппе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Стресс, полученный в условиях военных действий, оказывает негативное влияние на показатели иммунного статуса. Выраженность этих изменений зависит от времени, которое прошло с момента участия в боевых действиях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, военнослужащие, боевой стресс, показатели иммунного статуса

*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., Захарова Н. Б., Бурекашев А. Е., Тян А. Л., Страшко А. В. Изменения некоторых показателей гуморального иммунитета у комбатантов после воздействия боевого стресса: сравнительное исследование // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 1. С. 103–111, EDN: <https://elibrary.ru/IJQCVL>

© 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>

For citation: Maslyakov V. V., Sidelnikov S. A., Pavlova O. N., Zakharova N. B., Burekeshev A. E., Tyan A. L., Strashko A. V. Changes in some indicators of humoral immunity in combatants after exposure to combat stress: comparative study // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, № 1. P. 103–111, EDN: <https://elibrary.ru/IJQCVL>

CHANGES IN SOME INDICATORS OF HUMORAL IMMUNITY IN COMBATANTS AFTER EXPOSURE TO COMBAT STRESS: COMPARATIVE STUDY

^{1,2}Vladimir V. Maslyakov*, ¹Sergey A. Sidelnikov, ³Olga N. Pavlova, ¹Natalia B. Zakharova¹,

^{1,2}Alim E. Burekeshev, ¹Alexandra L. Chan, ¹Anna V. Strashko

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

²Reaviz Saratov Medical University, Saratov, Russia

³Samara State Medical University, Samara, Russia

OBJECTIVE. To study the influence of stress received in military conditions on some indicators of humoral immunity in military personnel depending on the time elapsed since its receipt.

MATERIALS AND METHODS. The study included 100 military personnel, divided into two groups: the comparison group (n = 20), in which the subjects did not participate in combat operations, and the main group (n = 80), in which the subjects participated in combat operations. All subjects in the main group were divided into four subgroups depending on the time elapsed since the end of combat operations. Blood immunoglobulins, complement components, cytokines, and phagocytosis were tested in both the main and comparison groups.

RESULTS. It has been shown that military personnel who took part in combat operations have a statistically significant decrease in the number of immunoglobulins (Ig) M and IgG. When studying the C3 and C4 components of the complement system, the following results were obtained: in the 1st subgroup, a decrease in this indicator was recorded compared to the comparison group; in the 2nd subgroup, no significant changes in this indicator were noted; in the 3rd subgroup, an increase in the C3 and C4 components of the complement system was recorded, however, it was statistically significantly reduced compared to the comparison group; in the 4th subgroup, a further increase in this indicator occurred. A statistically significant increase in pro-inflammatory cytokines was noted compared to the comparison group. The maximum numbers were recorded in the 1st subgroup, then they gradually decreased and reached minimum values in the 4th subgroup. However, in this group they did not reach normal levels and remained elevated.

DISCUSSION. The stress response caused by combat has a negative impact on humoral immunity parameters. The severity of changes depends on the time elapsed since the stressful event. The most pronounced changes were observed in service members who were within six months of combat participation, after which the parameters gradually recovered. The smallest changes were observed in service members 21–27 months after combat participation. However, no full recovery of the parameters was observed in the subgroup.

CONCLUSION. Stress experienced in combat situations negatively impacts immune status indicators. The severity of these changes depends on the time elapsed since combat.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, military personnel, combat stress, immune status indicators

Введение. Служба в вооруженных силах сопряжена со стрессовой реакцией [1, 2]. Более выраженные изменения развиваются после участия в боевых действиях [3]. Это связано с влиянием стрессовых факторов, возникающих в процессе несения военной службы [4], которые значительно усиливаются в период проведения военных действий [5]. Как известно, хронический стресс негативно сказывается на показателях иммунитета, снижая их [6]. Механизм данных изменений обусловлен воздействием гормонального фона, в первую очередь гормонов стресса, на органы иммунной системы [7], выброс которых, как следствие, происходит в условиях ведения боевых действий [8]. В настоящее время исследованию иммунного

статуса у военнослужащих отводится большое значение, но, несмотря на актуальность данной темы, остается множество нерешенных вопросов, связанных с длительностью воздействия стресса после прекращения участия в военных действиях и последующими изменениями в иммунной системе.

Цель. Изучить влияние стресса, полученного в условиях военных действий, на некоторые показатели гуморального иммунитета у военнослужащих, в зависимости от времени, прошедшего от его получения.

Материалы и методы. Исследование является проспективным. В исследование были включены 100 мужчин, находящихся на военной службе и давших согласие на участие в исследовании.

Критериями включения служили мужской пол, возраст в пределах 18–40 лет, отсутствие соматических заболеваний, что подтверждено медицинской документацией и прохождением медицинских комиссий, отсутствие ранений, контузий, нахождение на военной службе не менее одного года; для основной группы – участие в боевых действиях не менее 6 мес.

Исключались военнослужащие моложе 18 лет и старше 40 лет, имеющие острые или хронические заболевания, ранения, контузии, а также лица, не давшие согласие на участие в исследовании.

Средний возраст обследованных составил 26 ± 5 лет. Все участники были разделены на две группы, в 1-ю (основную) вошли 80 человек, которые участвовали в боевых действиях, во 2-ю (сравнения) – военнослужащие, которые не принимали участие в боевых действиях. В свою очередь, основная группа включала четыре подгруппы по 20 человек, в зависимости от времени, прошедшего от момента участия в боевых действиях: до 6 мес; 7–13 мес; 14–20 мес и 21–27 мес соответственно. Все участники исследования не принимали лекарственные препараты или другие виды лечения, способные повлиять на результаты исследования.

Забор биологического материала (крови) в каждой группе осуществляли в амбулаторных условиях в утренние часы, натощак, однократно, путем катетеризации периферической вены. После получения материала его доставляли в лаборатории для исследования, время от момента взятия крови до начала исследования в лаборатории не превышало 30 мин.

Исследование предусматривало количественное изучение иммуноглобулинов (Ig) G, M, A и E с применением простой радиальной иммунодиффузии с использованием реактивов фирмы «Вектор-БЕСТ» [9], для этой цели было взято строго определенное количество сыворотки, которое вносили в лунки, вырезанные в слое геля, содержащего соответствующую моноспецифическую антисыворотку. После этого проводилась инкубация антигена с дифференциацией из лунки в гель с образованием преципитата в виде кольца. Полученная площадь кольца соответствовала объему геля, содержащего антитела в количестве, эквивалентном количеству внесенного антигена. На основании сравнения полученных размера колец исследуемых сывороток и стандартной сыворотки, со-

державшей известное количество данного белка, рассчитывали его концентрацию. Уровень IgE определяли с помощью иммуноферментного анализа (ИФА) [10]. Данный метод основан на специфической реакции антигена и антитела, образующих иммунные комплексы, которые выявляют с помощью фермента в качестве метки для регистрации сигнала. Уровни специфического IgE-связывания определяли по интенсивности свечения: чем сильнее свечение по отношению к негативному контролю (сыворотка, в которой отсутствует IgE), тем больше IgE в сыворотке пациента. Для количественного определения C3-, C4-компонентов комплемента, фактора некроза опухоли-альфа (TNF- α), интерлейкинов (ИЛ) ИЛ-1 β , ИЛ-2, ИЛ-6, ИЛ-8, интерферона- γ (IFN γ), ИЛ-4, ИЛ-10 применяли ИФА с набором реагентов ProCon, которые производились фирмой ООО «Протеиновый контур» в Санкт-Петербурге [11].

Фагоцитарный индекс и фагоцитарное число использовали для установления интенсивности и фагоцитарной активности нейтрофилов, которые находятся в периферической крови [12]. Были использованы методы, заключающиеся в добавлении специально подготовленных частиц, и последующий подсчет под микроскопом количества частиц поглощенных каждым лейкоцитом.

Применение реакции восстановления нитросинего тетразолия спонтанного (НСТ-сп.) и стимулированного (НСТ-ст.) зимозаном использовали для исследования активности кислородсодержащих систем нейтрофилов [13]. Суть методики состоит в том, что лейкоцитарный метаболизм становится источником электронов для бесцветного раствора НСТ и трансформирует его в восстановленную форму темно-синих кристаллов формазана, которые легко определяются в мазке крови.

Для математической обработки полученных результатов их регистрировали в специально созданной базе в виде табличных данных формата MS Excel. С целью проверки гипотез на нормальность при изучении непрерывных переменных применялись критерии Колмогорова–Смирнова и Шапиро–Уилка. Изученные параметры не соответствовали нормальному распределению. Сведения представлены как медиана и 25–75 %. Для сравнения групп применяли методы непараметрического анализа: критерий Манна–Уитни и медианный кри-

терий для независимых выборок с попарным сравнением. Качественные признаки представлены в виде абсолютного числа обследуемых с указанным признаком и доли от общего числа, выраженной в %. Для сравнения частот качественных признаков в группах использовали критерий хи-квадрат и точный критерий Фишера. Для множественных сравнений применяли поправку Данна. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

На проведение исследования было получено положительное заключение локального этического комитета ЧУОО ВО «Саратовский медицинский университет «Реавиз», протокол № 8 от 06.04.2023 г.

Результаты. Результаты Ig, полученные в анализируемых группах, отражены в табл. 1.

На основании данных, отраженных в табл. 1, видно, что у военнослужащих, принимавших участие в боевых действиях, отмечается статистически значимое ($p < 0,05$) снижение количества IgM и IgG. При этом изменения происходят неравномерно, наибольшее снижение выявлено в 1-й подгруппе, где эти показатели снижены соответственно в 1,3 и 1,4 раза. Затем происходит постепенное их увеличение, они восстанавливаются до показателей группы сравнения в 4-й подгруппе.

При изучении показателей С3-, С4-компонентов системы комплемента были получены следующие результаты. Показатель С3-компонента системы комплемента в группе сравне-

ния – 1650 мкг/мл [1647; 1658]. В 1-й подгруппе было зарегистрировано снижение показателя по сравнению с данными группы сравнения до 876 мкг/мл [867; 885] ($p < 0,05$). Во 2-й подгруппе существенных изменений в данном показателе не отмечено, он составил 885 мкг/мл [874; 891] ($p < 0,05$). В 3-й подгруппе регистрировали увеличение С3-компонента системы комплемента до 1278 [1272; 1281], однако, несмотря на увеличение данного показателя, он был статистически достоверно снижен по сравнению с группой сравнения ($p < 0,05$). В 4-й подгруппе происходило дальнейшее увеличение данного показателя до 1467 [1454; 1471]. При этом следует отметить тот факт, что хотя было увеличение С3-компонента системы комплемента, в данной подгруппе он оставался статистически достоверно сниженным по сравнению с группой сравнения ($p < 0,05$).

При изучении С4-компонента системы комплемента, в группе сравнения он составил 460 мкг/мл [456; 468]. В 1-й подгруппе данный показатель был 125 мкг/мл [120; 128], т. е. происходило значительное его снижение по отношению к данным группы сравнения ($p < 0,05$). Во 2-й подгруппе существенных изменений исследуемого показателя не выявлено – 127 мкг/мл [124; 131], но так же, как и в 1-й подгруппе было выявлено статистически достоверное снижение ($p < 0,05$). В 3-й подгруппе отмечалось некоторое увеличение С4-компонента системы комплемента по сравнению с 1-й и 2-й под-

Таблица 1

Изменения показателя Ig у военнослужащих после участия в боевых действиях

Table 1

Changes in Ig levels in military personnel after participation in combat operations

Исследуемый показатель	Результат в подгруппах				
	Группа				
	1-я (n = 20)	2-я (n = 20)	3-я (n = 20)	4-я (n = 20)	сравнения (n = 20)
IgA, г/л	0,31 [0,2 7; 0,35]	0,29 [0,2 7; 0,35]	0,30 [0,2 7; 0,35]	0,31 [0,25; 0,37]	0,31 [0,26; 0,37]
IgM, г/л	1,5* [1,1; 1,7]	1,7* [1,5; 2,4]	1,9* [1,7; 2,7]	2,7 [2,2; 3,6]	2,7 [2,1; 3,4]
IgG, г/л	12,1* [11,6; 12,4]	13,5* [13,2; 13,8]	15,4* [14,7; 15,6]	16,1 [15,6; 16,4]	16,6 [16,2; 16,8]
IgE, г/л	0,24 [0,21; 0,27]	0,25 [0,22; 0,28]	0,25 [0,23; 0,29]	0,26 [0,25; 0,31]	0,26 [0,23; 0,32]

Примечание. * – статистическая достоверность ($p < 0,05$) по сравнению с данными, полученными в группе сравнения
Note. * – statistical reliability ($p < 0.05$) compared to the data obtained in the comparison group

группами, однако он оставался статистически достоверно снижен по сравнению с группой сравнения – 321 мкг/мл [318; 328] ($p < 0,05$). В 4-й подгруппе происходило дальнейшее восстановление исследуемого показателя до 379 мкг/мл [368; 381], при этом показатель С4-компонента системы комплемента не достигал значения группы сравнения и был статически значимо снижен ($p < 0,05$).

Результаты исследования цитокинов, полученных в процессе исследования, отражены в табл. 2.

Как можно увидеть из данных, представленных в табл. 2, у военнослужащих, участвовавших в боевых действиях, происходило статистически достоверное, по сравнению с группой сравнения, увеличение провоспалительных цитокинов. При этом увеличение отмечалось неравномерно. Так, максимальные цифры были зарегистрированы в 1-й подгруппе, затем они постепенно снижались и достигали минимальных значений в 4-й подгруппе. Однако и в этой группе они не имели нормальных показателей и оставались повышенными.

Исследование активности и интенсивности фагоцитарной активности нейтрофилов, которые находятся в периферической крови, позволили установить, что фагоцитарный индекс в группе сравнения составил 78 % [76; 81]. В то же время у обследованных основной группы было зарегистрировано снижение данного показателя. Так, в 1-й группе фагоцитарный индекс составил 61 % [58; 64] ($p < 0,05$), во 2-й – 63 % [60; 65] ($p < 0,05$), в 3-й – 68 % [65; 71] ($p < 0,05$), в 4-й – 72 % [68; 74] ($p < 0,05$).

При исследовании фагоцитарного числа было установлено, что данный показатель в группе сравнения составил 56,8 Ед [54,3; 58,9]. В основной группе значение фагоцитарного числа было снижено и зависело от времени, прошедшего от момента получения боевого стресса. Так, в 1-й подгруппе данного показателя составил 34,2 Ед [31,5; 36,4] ($p < 0,05$), во 2-й – 36,3 Ед [34,7; 38,7] ($p < 0,05$), в 3-й – 42,7 Ед [39,6; 45,4] ($p < 0,05$), в 4-й – 52,1 Ед [49,6; 53,7] ($p < 0,05$).

Результаты исследования активности кислородсодержащих систем нейтрофилов в основной группе и группе сравнения отражены в табл. 3.

Таблица 2

Изменения показателей цитокинов у военнослужащих после участия в боевых действиях

Table 2

Changes in cytokine levels in military personnel after participation in combat operations

Исследуемый показатель	Результат в группах				
	Подгруппа				
	1-я (n = 20)	2-я (n = 20)	3-я (n = 20)	4-я (n = 20)	сравнения (n = 20)
TNF-α, пг/мл	0,13* [0,11; 0,15]	1,11* [0,9; 0,13]	0,8* [0,5; 0,10]	0,7* [0,5; 0,9]	0,5 [0,3; 0,7]
ИЛ-1β, пг/мл	1,3* [1,1; 1,5]	1,3* [1,1; 1,5]	1,1* [0,8; 1,3]	0,8* [0,5; 1,1]	0,3 [0,1; 0,6]
ИЛ-2, МЕ/мл	177* [171; 179]	174* [168; 178]	161* [156; 165]	154* [148; 157]	146 [141; 149]
ИЛ-6, пг/мл	3,6* [3,2; 3,8]	3,6* [3,2; 3,8]	3,1* [2,8; 3,4]	2,7 [2,5; 2,9]	2,3 [1,8; 2,7]
ИЛ-8, пг/мл	0,6 [0,4; 0,8]	0,7 [0,4; 0,9]	0,8 [0,5; 0,8]	0,7 [0,5; 0,8]	0,7 [0,4; 0,9]
IFNγ, ед/мл	183,4 [180,3; 184,6]	185,1 [183,2; 187,7]	183,6 [180,3; 186,5]	184,6 [183,2; 188,7]	182,3 [180,3; 186,4]
ИЛ-4, пг/мл	0,2 [0,1; 0,4]	0,4 [0,2; 0,5]	0,3 [0,1; 0,5]	0,4 [0,4; 0,6]	0,3 [0,1; 0,5]
ИЛ-10, пг/мл	0,25 [0,23; 0,27]	0,23 [0,21; 0,25]	0,24 [0,22; 0,26]	0,21 [0,19; 0,23]	0,23 [0,21; 0,25]

Примечание. * – статистическая достоверность ($p < 0,05$) по сравнению с данными, полученными в группе сравнения
 Note. * –statistical reliability ($p < 0.05$) compared to the data obtained in the comparison group

Таблица 3

Изменения активности кислородсодержащих систем нейтрофилов у военнослужащих после участия в боевых действиях

Table 3

Changes in the activity of oxygen-containing neutrophil systems in military personnel after participation in combat operations

Исследуемый показатель	Результат в группах				
	Подгруппа				
	1-я (n = 20)	2-я (n = 20)	3-я (n = 20)	4-я (n = 20)	сравнения (n = 20)
НСТ-сп., у.е.	11* [9; 13]	13* [11; 15]	15* [13; 18]	17 [16; 19]	18 [15; 20]
НСТ-ст., %	2* [0,8; 3]	2* [0,8; 3]	4* [2; 5]	4* [2; 5]	6 [4; 7]

Обсуждение. В результате исследования было установлено, что стрессовая реакция, вызванная участием в боевых действиях, оказывает негативное влияние на показатели гуморального иммунитета. При этом выраженность изменений зависит от срока, прошедшего от момента получения стресса. Наиболее выраженные изменения были отмечены у военнослужащих, у которых от момента участия в боевых действиях прошло не более 6 мес, затем показатели постепенно восстанавливались, и наименьшие изменения были отмечены у военнослужащих через 21–27 мес после участия в боевых действиях. Однако полного восстановления показателей не зарегистрировано ни в одной подгруппе. Эти изменения могут быть обусловлены воздействием гормонов стресса [14]. Как известно, гормоны стресса угнетают иммунные процессы, которые протекают в организме [6, 15]. Можно предположить, что наибольшее количество гормонов отмечается в ближайшем периоде после участия в боевых действиях, после этого гормональный фон изменяется, что влечет за собой уменьшение влияние гормонов на иммунный статус и его постепенное восстановление. Как показывает проведенное исследование, наименьшие изменения выявлены при изучении иммуноглобулинов, которые затронули IgM и IgG. При изучении C3-, C4-компонентов системы комплемента также прослеживалось снижение данных показателей в зависимости от времени, прошедшего от пребывания в условиях ведения боевых действий. Согласно данным, представленным в литера-

туре [16], существует классический путь активации системы комплемента с помощью IgM и IgG, следовательно, можно предположить, что снижение этих иммуноглобулинов влечет за собой уменьшение и количества компонентов иммунной защиты. Было установлено, что у военнослужащих после участия в боевых действиях происходит увеличение провоспалительных цитокинов. Как известно, провоспалительные цитокины оказывают воздействие на центральную нервную систему, в результате чего происходит снижение аппетита, а также комплекса поведенческих реакций [17]. Регуляция выработки цитокинов в организме осуществляется несколькими путями, тем самым срабатывают защитные механизмы и предотвращаются негативные последствия при их гиперпродукции [18]. На основании проведенного исследования и данных, представленных в литературе, можно прийти к заключению, что стресс, вызванный участием в боевых действиях, оказывает негативное воздействие на иммунный статус военнослужащих. Механизм данных изменений может быть связан с увеличением показателей гормонов стресса, с уменьшением количества которых происходит постепенное восстановление характеристик иммунного статуса.

Заключение. Проведенное исследование выявило, что стресс, полученный в условиях военных действий, оказывает негативное воздействие на показатели иммунного статуса. Выраженность этих изменений зависит от времени, прошедшего с момента участия в условиях ведения боевых действий

Сведения об авторах:

Масляков Владимир Владимирович – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры мобилизационной подготовки здравоохранения и медицины катастроф, Саратовский государственный медицинский университет имени 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 имени 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 медицинский университет; Россия, 443099, г. Самара, ул. Чапаевская, д. 89; ORCID: 0000-0002-8055-1958; SPIN: 6326-6884; e-mail: casiopeya13@mail.ru

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

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

Тян Александра Лазоревна – студент, Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского; Россия, 410012, г. Саратов, ул. Большая Казачья, д. 112; ORCID: 0009-0006-6662-6374; e-mail: sandara11tyan@gmail.com

Страшко Анна Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры мобилизационной подготовки здравоохранения и медицины катастроф, Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского; Россия, 410012, г. Саратов, ул. Большая Казачья, д. 112; ORCID: 0009-0004-2900-7713; e-mail: strashkoanna@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; Russia, 443099, Samara, Chapaevskaya 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; Russia, 410012, Saratov, Bolshaya Kazachya Str., 112; ORCID: 0000-0001-9410-2240; SPIN: 5354-6327; e-mail: lipidgormon@mail.ru

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

Alexandera L. Chan – student, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky, Russia, 410012, Saratov, Bolshaya Kazachya Str., 112; ORCID: 0009-0006-6662-6374; e-mail: sandara11tyan@gmail.com

Anna V. Strashko – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Health Care Mobilization and Disaster Medicine; Russia, 410012, Saratov, Bolshaya Kazachya Str., 112; ORCID: 0009-0004-2900-7713; e-mail: strashkoanna@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 – Н. Б. Захарова, А. В. Страшко; подготовка рукописи – А. Е. Бурекешев, А. Л. Тян, О. Н. Павлова.

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 the concept and research plan were developed ; NBZ, AVS the data collection and analysis were carried out ; AEB, ALT, ONP the manuscript was prepared .

Этическая экспертиза. Материалы исследования представлены, рассмотрены и одобрены Локальным этическим комитетом (ЛЭК) при Саратовском медицинском университете «Реавиз», № 8 от 06.04.2023 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. 8 dated April 06, 2023 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: 12.10.2025

Принята к печати/Accepted: 15.03.2026

Опубликована/Published: 30.03.2026

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Сурис Н. А., Сарбаева Н. Н., Дукальская О. Ю. Особенности реагирования иммунной системы у военнослужащих с низкой нервно-психической устойчивостью при воздействии военно-профессиональных факторов // *Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта*. 2010. Т. 2, № 60. С. 116–119 [Suris N. A., Sarbayeva N. N., Dukalskaya O. Yu. Features of the immune system response in military personnel with low neuropsychiatric stability under the influence of military and professional factors. *Scientific notes of P. F. Lesgaft University*, 2010, Vol. 2, No. 60, pp. 116–119 (In Russ.)].
2. Лучанинов Е. В., Цветкова М. М., Лучанинова В. Н. Динамика иммунобиологических показателей у призывников в процессе адаптации к изменяющимся условиям внешней среды // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2017. № 2. С. 83–92 [Luchaninov E. V., Tsvetkova M. M., Luchaninova V. N. Dynamics of immunobiological indicators in recruits during adaptation to changing environmental conditions. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*, 2017, No. 2, pp. 83–92 (In Russ.)]. doi: 10.25016/2541-7487-2017-0-2-83-92.
3. Зайцева Н. С., Сизякина Л. П. Дисфункция иммунной системы в структуре коморбидной патологии у военнослужащих-ветеранов боевых действий в отдаленном периоде наблюдения // *Иммунология*. 2016. Т. 37, № 5. С. 267–270 [Zaitseva N. S., Sizyakina L. P. The immune dysfunction in the structure of comorbid diseases in the combatants in the late period of observation. *Immunology*, 2016, Vol. 37, No. 5, pp. 267–270 (In Russ.)]. doi: 10.18821/0206-4952-2016-37-5-267-270.
4. Козлова И. Н. Стрессогенность срочной службы в современной российской армии для военнослужащих по призыву // *Вестник Томского государственного педагогического университета*. 2013. Т. 6, № 134. С. 116–121 [Kozlova I. N. The stress of military service in the modern Russian army for conscripts. *Bulletin of Tomsk State Pedagogical University*, 2013, Vol. 6, No. 134, pp. 116–121 (In Russ.)].
5. Мухортова И. М. Посттравматическое стрессовое расстройство у людей, побывавших в зоне боевых действий // *Молодой ученый*. 2024. Т. 48, № 547. С. 167–169 [Mukhortova I. M. Post-traumatic Stress Disorder in People Who Have Been in a Combat Zone. *Young Scientist*, 2024, Vol. 48, No. 547, pp. 167–169 (In Russ.)].
6. Прохоренко И. О., Германова В. Н., Сергеев О. С. Стресс и состояние иммунной системы в норме и при патологии. Краткий обзор литературы // *Вестник медицинского института «Реавиз»: Реабилитация, врач и здоровье*. 2017. № 1. С. 182–190 [Prokhorenko I. O., Germanova V. N., Sergeev O. S. Stress and the state of the immune system in norm and pathology. A brief review of the literature. *Bulletin of the Reaviz Medical Institute: Rehabilitation, Doctor and Health*, 2017, No. 1, pp. 182–190 (In Russ.)].
7. Исмаилов Ю. Б., Салимли Т. А., Алекперова М. Г. влияние иммунного и нейроэндокринного статуса организма в условиях хронического эмоционального стресса // *Медицинские новости*. 2023. № 12. С. 70–73 [Ismayilov Yu. B., Salimli T. A., Alekperova M. G. Hanges in the immune and neuro-endocrine status of the organism under conditions of emotional chronic stress. *Medical News*, 2023, No. 12, pp. 70–73 (In Russ.)].
8. Кубасов Р. В., Барачевский Ю. Е., Сибилева Е. Н. и др. Влияние экстремальных факторов военной службы на адаптационные возможности и здоровье сотрудников правоохранительных органов России // *Вестник Российской военно-медицинской академии*. 2015. Т. 2, № 50. С. 217–223 [Koubassov R. V., Barachevsky Yu. E., Sibileva E. N., et al. Influence of extreme factors of military service on adaptive capacity and health of members of law enforcement agencies of Russia. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*, 2015, Vol. 2, No. 50, pp. 217–223 (In Russ.)].
9. Нечаев А. В., Кудашева Э. Ю., Лешина С. А., Корнилова О. Г., Коновалова Е. С. Теоретическое и экспериментальное обоснование выбора перспективных методов оценки количественного содержания иммуноглобулинов классов G, A и M в лекарственных препаратах иммуноглобулинов человека // *Иммунология*. 2019. Т. 40, № 3. С. 41–50 [Nechaev A. V., Kudasheva E. Yu., Leshina S. A., Kornilova O. G., Konovalova E. S., Struchkova I. N., Borisevich I. V., Lebedinskaya E. V. Theoretical and experimental rationale of the selection of promising methods for quantitative determination of immunoglobulins G, A and M in human immunoglobulin products. *Immunology*, 2019, Vol. 40, No. 3, pp. 41–50 (In Russ.)]. doi: 10.24411/0206-4952-2019-13005.
10. Асирян Е. Г. Использование иммуноферментного анализа в изучении динамики антител в процессе лечения атопического дерматита у детей // *Вестник Витебского государственного медицинского университета*. 2013. Т. 12, № 1. С. 71–76 [Asiryan E. G. The use of enzyme-linked immunosorbent assay in studying the dynamics of antibodies in the process of treatment of atopic dermatitis in children. *Bulletin of the Vitebsk State Medical University*, 2013, Vol. 12, No. 1, pp. 71–76 (In Russ.)].
11. Кабанов М. Ю., Семенцов К. В., Алексеев В. В., Фокина А. А., Бояринов Д. Ю., Седов А. С., Кошелев Т. Е., Беседин И. И. Подходы к диагностике и лечению холедохолитиаза у пациентов пожилого и старческого возраста // *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова*. 2022. Т. 17, № 1. С. 107–115. [Kabanov M. Yu., Sementsov K. V., Alekseev V. V., Fokina A. A., Boyarinov D. Yu., Sedov A. S., Koshelev T. E., Besedin I. I. Approaches to the diagnosis and treatment of choledocholithiasis in elderly and senile patients. *Bulletin of the National Medical and Surgical Center named after. N. I. Pirogov*, 2022, Vol. 17, No. 1, pp. 107–115 (In Russ.)].
12. Ширшев С. В., Куклина Е. М., Заморина С. А., Некрасова И. В., Никитина Н. М. Способ определения фагоцитарной активности лейкоцитов по степени гашения биолюминесценции // *Иммунология*. 2014. Т. 35, № 6. С. 312–317 [Shirshev S. V.,

- Kuklina E. M., Zamorina S. A., Nekrasova I. V., Nikitina N. M. Method for Determining the Phagocytic Activity of Leukocytes Based on the Degree of Bioluminescence Quenching. *Immunology*, 2014, Vol. 35, No. 6, pp. 312–317 (In Russ.).
13. Виксман М. Е., Маянский А. Н. *Способ оценки функциональной активности нейтрофилов человека по реакции восстановления нитросинего тетразолия*. Казань. 1979. 15 с. [Vixman M. E., Mayansky A. N. *A method for assessing the functional activity of human neutrophils based on the reduction of nitroblue tetrazolium*. Kazan, 1979, 15 p. (In Russ.).]
14. Колов С. А., Шейченко Е. Ю. Изменение уровня нейростероидных гормонов у ветеранов боевых действий с посттравматическим стрессовым расстройством // *Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии*. 2010. Т. 8, № 1. С. 47–48 [Kolov S. A., Sheichenko E. Yu. Changes in the level of neurosteroid hormones in combat veterans with post-traumatic stress disorder. *Reviews on Clinical Pharmacology and Drug Therapy*, 2010, Vol. 8, No. 1, pp. 47–48 (In Russ.).]
15. Колесникова Л. Р. Стресс-индуцированные изменения жизнедеятельности организма // *Вестник Смоленской государственной медицинской академии*. 2018. Т. 7, № 4. С. 30–36 [Kolesnikova L. R. Stress-Induced Changes in the Body's Vital Functions. *Bulletin of the Smolensk State Medical Academy*, 2018, Vol. 7, No. 4, pp. 30–36 (In Russ.).]
16. Тарасова И. В. Система комплемента // *Аллергология и иммунология в педиатрии*. 2010. Т. 2, № 21. С. 45–48 [Tarasova I. V. The complement system. *Allergology and immunology in pediatrics*, 2010, Vol. 2, No. 21, pp. 45–48 (In Russ.).]
17. Каштальян О. А., Ушакова Л. Ю. Цитокины как универсальная система регуляции // *Медицинские новости*. 2017. № 9. С. 3–7 [Kashtalyan O. A., Ushakova L. Yu. Cytokines as a Universal Regulatory System. *Medical News*, 2017, No. 9, pp. 3–7 (In Russ.).]
18. Симбирцев А. С. Иммунофармакологические аспекты системы цитокинов // *Бюллетень сибирской медицины*. 2019. Т. 18, № 1. С. 84–95 [Simbirtsev A. S. Immunopharmacological Aspects of the Cytokine System. *Bulletin of Siberian Medicine*, 2019, Vol. 18, No. 1, pp. 84–95 (In Russ.)]. doi: 10.20538/1682-0363-2019-1-84-95.

СУБЪЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ: МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Н. А. Щукина*, С. С. Гринчук

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

ВВЕДЕНИЕ. Субъективная оценка функционального состояния (ФС) актуальна в исследованиях влияния факторов среды на военнослужащих, осуществляющих профессиональную деятельность в обычных или экстремальных условиях. Практика применения биполярного шкалирования в данной проблемной области выявила общий латентный недостаток тест-анкет – необходимость измерять свое текущее состояние через его сопоставление с неким предшествующим состоянием, что затруднительно для респондента и недостаточно информативно для исследования.

ЦЕЛЬ. На основе модификации стандартной тест-анкеты разработать решающее правило оценки текущего ФС военнослужащего и его устойчивости к нагрузкам.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Исследование имело теоретическую направленность. Рассматривалась содержательная часть используемой в настоящее время анкеты самооценки состояния АСС, которая в свое время была разработана специалистами Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова. Была проанализирована семантика заложенных в тест-анкету вариантов выбора ответов, а также метод обработки полученных ответов. Концепция нового подхода выстраивалась с опорой на математические методы: пространственное представление объекта в системе координат, шкалирование, вероятностные оценки случайных событий.

РЕЗУЛЬТАТЫ. В статье впервые представлен способ субъективной оценки ФС военнослужащих, основанный на модификации тест-анкеты АСС. С этой целью в инструкцию и стандартный бланк АСС введены пояснения, принципиально изменяющие вариативность ответов и исключающие для военнослужащего (респондента) необходимость сопоставления своего текущего состояния с каким-либо иным состоянием (обычным, недавним и др.). В новом варианте (АСС-2) предусмотрены «ключи» для первичной обработки данных анкеты. Разработано и представлено оригинальное решающее правило субъективной оценки текущего ФС военнослужащего (по данным АСС-2) и его устойчивости к нагрузкам. **ОБСУЖДЕНИЕ.** Понять скрытое восприятие респондентом своего текущего ФС, отличное от прямой оценки, – вот стратегическая цель тестирования. При этом традиционное линейное суммирование ответов по тест-анкете вызывает разумное сомнение и требует доказательств (которые вполне могут оказаться столь же неубедительными, сколь и пространственными). В приведенной практической реализации аналитически приемлемым и доказательным показал себя комплексный подход, включающий количественно-качественную субъективную оценку ФС и оценку определенности/уверенности респондента в обсуждении своего текущего состояния.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, функциональное состояние, субъективная оценка, решающее правило, семантический дифференциал Осгуда, шкала Харрингтона

*Для корреспонденции: Щукина Нэлла Алексеевна, e-mail: tshukina.nella@gmail.com

*For correspondence: Nella A. Shchukina, e-mail: tshukina.nella@gmail.com

Для цитирования: Щукина Н. А., Гринчук С. С. Субъективная оценка функционального состояния военнослужащих: методологический аспект // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 1. С. 112–122, EDN: <https://elibrary.ru/QDQGWX>

For citation: Shchukina N. A., Grinchuk S. S. Subjective assessment of functional state of military personnel: methodological aspect // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 1. P. 112–122, EDN: <https://elibrary.ru/QDQGWX>

© 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>

SUBJECTIVE ASSESSMENT OF FUNCTIONAL STATE OF MILITARY PERSONNEL: METHODOLOGICAL ASPECT

Nella A. Shchukina, Svetlana S. Grinchuk*

Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

INTRODUCTION. Subjective assessment of functional state (FS) is relevant in studies examining the impact of environmental factors on military personnel performing professional activities in normal or extreme conditions. The use of bipolar scaling in this problematic area has revealed a common latent flaw in test questionnaires: the need to measure one's current state by comparing it to some previous state, which is difficult for the respondent and insufficiently informative for the study.

OBJECTIVE. Based on the modification of the standard test questionnaire, develop a decision rule for assessing the current FS of a serviceman and their resistance to stress.

MATERIALS AND METHODS. The study had a theoretical focus. It examined the content of the currently used questionnaire for self-assessment (SAQ), which was originally developed by specialists at the S. M. Kirov Military Medical Academy. The semantics of the answer options included in the questionnaire, as well as the method for processing the responses, were analyzed. The concept of the new approach was based on mathematical methods: spatial representation of an object in a coordinate system, scaling, and probabilistic assessments of random events.

RESULTS. This article presents for the first time a method for subjectively assessing the functional state of military personnel, based on a modification of the SAQ test questionnaire. To this end, explanations have been added to the instructions and standard SAQ form, fundamentally altering the variability of responses and eliminating the need for the serviceman (respondent) to compare their current state with any other state (usual, recent, etc.). The new version (SAQ-2) includes "keys" for the initial processing of questionnaire data. An original decision rule for subjectively assessing a serviceman's current FS (based on SAQ-2 data) and his resilience to stress has been developed and presented.

DISCUSSION. Understanding the respondent's implicit perception of their current FS, distinct from direct assessment, is the strategic goal of testing. However, the traditional linear summation of questionnaire responses raises reasonable doubts and requires evidence (which may well prove as unconvincing as it is verbose). In the practical implementation described, an integrated approach, including a quantitative and qualitative subjective assessment of FS and an assessment of the respondent's certainty/confidence in discussing their current state, proved to be analytically acceptable and evidence-based.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, functional state, subjective assessment, decision rule, Osgood semantic differential, Harrington scale

Введение. «Функциональное состояние человека – интегральная характеристика человека с точки зрения эффективности выполняемой им деятельности и задействованных в ее реализации систем по критериям надежности и внутренней цены деятельности [1]. То есть функциональное состояние (ФС) нужно рассматривать как целостный комплекс характеристик, свойств и качеств человека, которые прямо или косвенно обуславливают выполнение любой деятельности.

Оказывая непосредственное влияние на поведение человека и результаты его деятельности, ФС особое значение приобретает для специалиста, работающего в трудных и экстремальных условиях.

Будучи сложным многомерным явлением, включающим объективную (физиологическую) и субъективную (личностную) стороны, ФС не всегда поддается беспристрастному измерению, что существенно усложняет решение многих научно-практических задач, связанных с оценкой работоспособности человека и его пригодности к отдельным видам

деятельности. Но, как отмечено в публикации М. В. Хватовой [1], субъективная (личностная) сторона ФС человека является ведущей, так как в ходе адаптационных перестроек субъективные сдвиги, как правило, намного опережают объективные. «Определение человеком своего физического и психического самочувствия, которое основано на его личных ощущениях, – это важный аспект для оценки успешности выполнения деятельности, так как отражает насколько организм способен справляться с нагрузками» [1].

В данной ситуации наиболее приемлемыми становятся субъективно-оценочные методы диагностики состояния, то есть методы, при которых индивид самостоятельно сообщает о своем состоянии и самочувствии [2]. К основным недостаткам этих методов относится возможность искажения индивидом результатов анкетирования в силу установочного поведения, трудностей самооценки и т. д. Достоинством является то, что данные, полученные с их помощью, например, на одном человеке, но в разных ситуациях, поддаются сравнению.

Таблица 1

Характеристики состояния, диагностируемые с помощью АСС-2

Table 1

Condition characteristics diagnosed using QSS -2

1	Бодрость	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3	Усталость
2	Интерес к работе	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3	Безразличие к работе
3	Внимательность, собранность	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3	Невнимательность, рассеянность
4	Хорошее настроение	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3	Плохое настроение
5	Хорошее общее самочувствие	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3	Плохое самочувствие
6	Спокойствие, уравновешенность	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3	Волнение, напряжение
7	Уверенность в себе	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3	Неуверенность в себе

Специалистами Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова в свое время была разработана тест-анкета¹ самооценки состояния (АСС) на заранее отобранных и проверенных утверждениях, исходя которых можно опосредованно судить о текущем ФС военнослужащего. При разработке АСС были использованы утверждения, актуальные для характеристики ФС человека, а именно: бодрость, внимательность, собранность, самочувствие, спокойствие, уравновешенность, настроение. Специфику деятельности военного специалиста учитывали дополнительно через показатели интереса к выполняемой работе, уверенности в себе.

Формализованная анкета АСС включала семь пар полярных утверждений, связанных непрерывным числовым континуумом от +3 до -3, и содержала перечень возможных ответов с пояснениями.

Многолетняя практика использования анкеты АСС показала, что военнослужащие (респонденты), как правило, нуждались в дополнительных разъяснениях инструктора, чтобы определиться с выбором ответа. В итоге это сводилось к сопоставлению текущего состояния с более ранним, предшествующим состоянием, что в данном виде диагностики должно быть исключено по определению².

¹Формализованная анкета, содержащая перечень возможных ответов

²Любое (вольное или невольное) влияние на личные ощущения респондента может разрушить правдоподобие самооценки текущего ФС и доверие к оценке способности организма справляться с нагрузками

Цель. Разработать решающее правило субъективной оценки текущего функционального состояния военнослужащего и его устойчивости к нагрузкам на основе модификации тест-анкеты АСС.

Материалы и методы. Рассматривалась содержательная часть используемой в настоящее время анкеты самооценки состояния АСС. Анализировались семантика заложенных в тест-анкету АСС вариантов выбора ответов, а также метод обработки ответов. Разработку нового подхода проводилась с опорой на математические методы: пространственное представление объекта в системе координат, шкалирование, вероятностные оценки случайных событий.

Результаты. По результатам проведенного анализа в модифицированной тест-анкету АСС-2 сохранены первоначальные семь пар полярных утверждений, где каждая пара связана непрерывным числовым континуумом от +3 до -3 (табл. 1).

Но в систему цифровой идентификации от +3 до -3 внесено принципиальное изменение, основанное на следующем соответствии:

- положительные числа отождествляются с положительным утверждением;
- отрицательные числа отождествляются с отрицательным утверждением;
- ноль по определению является нейтральным (точкой неопределенности) и не отождествляется с каким-либо состоянием.

При этом в стандартном бланке АСС-2 цифровая идентификация сопровождается пояснениями, исключающими для респондента не-

Таблица 2
Ключи к тест-анкете АСС-2

Table 2
Keys to the QSS-2 test questionnaire

Базовый фактор	Номер утверждений
«Самочувствие»	1; 5
«Активность»	2; 3; 7
«Настроение»	4; 6

обходимость сопоставления своего текущего состояния с каким-либо иным (обычным, недавним и др.) состоянием:

- +3 исключительно положительно;
- +2 положительно;
- +1 скорее положительно, чем отрицательно;
- 0;
- 1 скорее отрицательно, чем положительно;
- 2 отрицательно;
- 3 исключительно отрицательно.

Таким образом, по мере продвижения от точки неопределенности «0» в положительном/отрицательном направлении проявляется экспрессивный характер континуума, усиливающий значение утверждения.

В целом данному числовому континууму придана эмотивная окрашенность (коннотация) применительно к каждому утверждению, которая тем самым способна передавать отношение к нему респондента (как носителя утверждения) через субъективное оценивание.

Респонденту предлагают оценить выраженность диагностируемых характеристик ФС по принципу «здесь и сейчас». Для этого необходимо в каждой строке обвести одну из цифр (от +3 до -3), наиболее отвечающую текущему ощущению своего состояния.

Бланк с ответами респондента обрабатывают с помощью ключей, которые приведены в табл. 2.

При этом получают «сырые» значения «у» по следующим трем показателям:

- «Самочувствие» (С) – $y_c = (y_1 + y_5)/2$;
- «Активность» (А) – $y_a = (y_2 + y_3 + y_7)/3$;
- «Настроение» (Н) – $y_n = (y_4 + y_6)/2$.

Субъективную оценку ФС респондента по данным анкеты АСС-2 анализируют с помощью расчетной методики, теоретические основы которой изложены ниже.

I. По полученным значениям y_c, y_a, y_n для респондента вычисляют:

- количественно-качественную характеристику текущего ФС;
- меру определенности субъективной оценки текущего ФС.

1. Количественно-качественную характеристику ФС рассчитывают пошагово.

1.1. «Сырое» значение «у» каждого из трех показателей переводят в условные единицы «z» (кодируют) по формуле³

$$z = 1,2448y - 1,2437, \quad (1)$$

1.2. Кодированное значение каждого из трех показателей отображают на шкале Харрингтона (рис. 1) с помощью функции желательности Харрингтона [3]

$$d = \exp(-\exp(-z)), \quad (2)$$

В итоге «сырое» значение каждого из трех показателей «у» двойным преобразованием $y \rightarrow z \rightarrow d$ отображается в точку числового интервала от 0 до 1 (см. рис. 1).

1.3. Рассчитывают значение обобщенного показателя самооценки текущего ФС по формуле:

$$D = \sqrt[3]{d_1 \times d_2 \times d_3}, \quad (3)$$

где D – обобщенный показатель субъективной оценки текущего ФС респондента;

d_i – числовые аналоги «сырых» значений y_c, y_a, y_n на шкале Харрингтона.

Качественную характеристику показателю D (и любому d_i) присваивают по шкале приоритетности Харрингтона (см. рис. 1).

При $D < 0,37$ самооценка состояния несет отрицательную коннотацию, несмотря на то что все компоненты (см. формулу (3)) и само значение D положительны⁴.

То есть функция желательности и шкала приоритетности Харрингтона создают возможность анализировать в комплексе интенсивность и направленность субъективной оценки текущего ФС респондента. Эта особенность предлагаемого расчетного метода делает его актуальным в задачах исследования (отслеживания) динамики субъективной оценки ФС респондента по результатам многоразового анкетирования с помощью анкеты АСС-2.

2. Еще одной вычисляемой характеристикой (см. выше) результатов анкетирования респондента является мера определенности субъективной оценки ФС. Здесь уместно еще

³Формула кодирования разработана математически в ходе исследования.

⁴Значение 0,37 является началом отсчета приемлемых значений на шкале Харрингтона [3].



Рис. 1. Интервалы качества значений показателя [3]

Fig. 1. Quality Intervals of the Indicator Values [3]

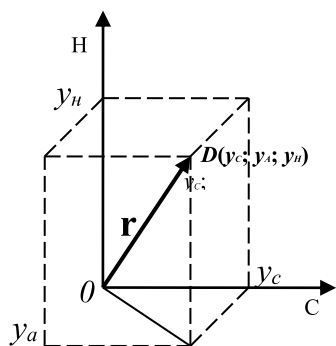


Рис. 2. Геометрическая интерпретация точки

 $D(y_c; y_a; y_n)$ семантического пространства

Fig. 2. Geometric interpretation of the point

 $D(y_c; y_a; y_n)$ of the semantic space

раз обратиться к идее формирования анкеты АСС-2. Ее особенность состоит в полярности характеристик ФС и их числовой идентификации по методу Ч. Осгуда «Семантический дифференциал» [4]. В соответствии с данным методом субъективную оценку ФС респондента (D) можно интерпретировать как точку $D(y_c; y_a; y_n)$ семантического пространства, удаленную на расстояние $r = \sqrt{y_c^2 + y_a^2 + y_n^2}$ от начала трехмерной системы координат, то есть от точки неопределенности [5, 6]. При этом все возможные значения r находятся в интервале от 0 до $3\sqrt{3}$ (рис. 2).

Искомую меру определенности самооценки состояния рассчитывают по формуле:

$$R = \frac{r}{3\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{y_c^2 + y_a^2 + y_n^2}}{3\sqrt{3}}, \quad (4)$$

где R – степень определенности субъективной оценки ФС; r – удаленность показателя субъективной оценки ФС от точки неопределенности.

Возможные значения R заключены в интервале $[0, 1]$. Чем ближе значение R к единице, тем определеннее (надежнее, увереннее) были ответы респондента в анкете, и наоборот.

Рассматривая функциональное состояние респондента как динамическую харак-

теристику, а субъективную оценку ФС как случайное событие, степень определенности которого не остается постоянной ($R \neq \text{const}$), но зависит от уверенности респондента в самооценивании своего «текущего» состояния, рекомендуется назначить тот минимум R , ниже которого указанная определенность (степень уверенности) будет расцениваться уже как *недостаточная*. Ее случайный (вероятностный) характер допускает рекомендовать (назначить) $R = 0,55$ в качестве целесообразного порога⁵.

Итак, результат анкетирования характеризуется парой числовых величин (D, R):

- обобщенным показателем D субъективной оценки ФС;
- мерой определенности R субъективной оценки ФС.

На рис. 3 представлен алгоритм процедуры субъективной оценки текущего ФС респондента по данным анкеты АСС-2.

II. Целенаправленное применение АСС-2 до и после нагрузочных проб в исследованиях влияния военно-профессиональной деятельности (напряженности и тяжести военного труда, других факторов) на ФС военнослужащего (респондента) особенно важно при отборе лиц для работы в экстремальных условиях.

Встает вопрос об устойчивости субъективной оценки ФС респондента к нагрузочным пробам.

Как установлено выше, субъективная оценка текущего ФС респондента характеризуется двумя параметрами: обобщенным показателем D самооценки состояния и мерой определенности R этой самооценки.

Следовательно, искомая устойчивость субъективной оценки ФС респондента обусловлена выраженностью изменений, параметры которых до нагрузочной пробы ($D^{\text{до}}$ и $R^{\text{до}}$) претерпевают изменения в результате нагрузочной пробы ($D^{\text{после}}$ и $R^{\text{после}}$).

⁵Предполагается, что уже 55 % вероятность уверенности респондента в оценке своего текущего состояния не исключает правдоподобия субъективного разбора ФС

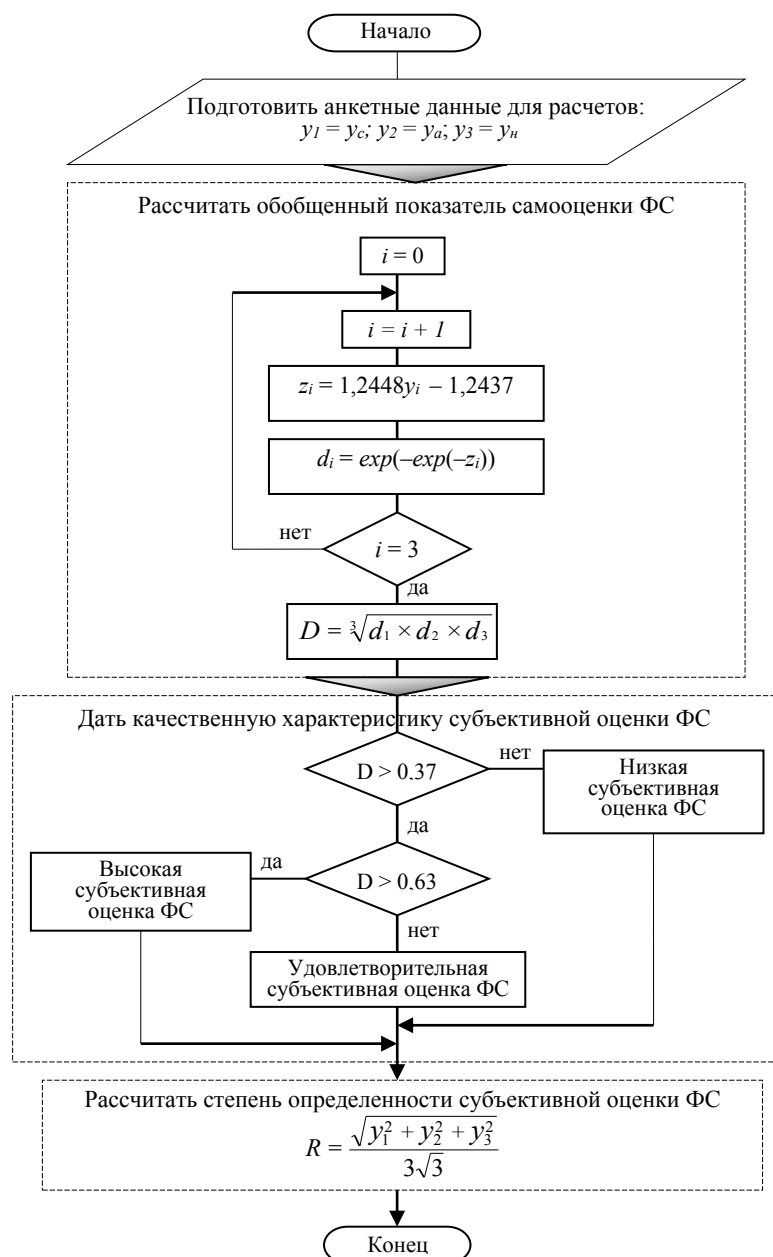


Рис. 3. Блок-схема субъективной оценки текущего ФС респондента

Fig. 3. Flowchart of subjective assessment of the respondent's current functional state

Каждая из двух точек: $D^{\text{до}}$ и $D^{\text{после}}$ семантического пространства определяется тремя своими координатами: y_c ; y_a ; y_n (см. рис. 2).

Расстояние между точками $D^{\text{до}}$ и $D^{\text{после}}$ в пространственной системе координат [6] определяется по формуле:

$$\Delta = \sqrt{(y_c^{\text{после}} - y_c^{\text{до}})^2 + (y_a^{\text{после}} - y_a^{\text{до}})^2 + (y_n^{\text{после}} - y_n^{\text{до}})^2}, \quad (5)$$

где Δ – семантическая характеристика различия у респондента между самооценками своего ФС до нагрузочной пробы и после нее.

Все возможные значения Δ находятся в интервале от 0 до $6\sqrt{3}$, где 0 соответствует полно-

му совпадению самооценок, а $6\sqrt{3}$ – их полному антагонизму.

Чем ближе Δ к своему предельному значению $6\sqrt{3}$, тем радикальнее различие между субъективной оценкой ФС до нагрузочной пробы и после нагрузочной пробы, значимее реакция респондента на тяжесть и напряженность труда (другие условия профессиональной деятельности) и слабее устойчивость к нагрузочной пробе. То есть судить о том, насколько значимо у респондента произошедшее изменение самооценки состояния в результате нагрузочной пробы можно по доле, которую Δ составляет

от возможного максимума (мера определенности различия):

$$R^- = \frac{\Delta}{6\sqrt{3}}, \quad (6)$$

И, напротив, об устойчивости субъективной оценки ФС респондента к нагрузочной пробе свидетельствует противоположное событие – сходство между $D^{\text{после}}$ и $D^{\text{до}}$, мера определенности которого

$$R^+ = 1 - \frac{\Delta}{6\sqrt{3}}, \quad (7)$$

Следствие. При $\Delta = 0$, $R^+ = 1$. В этом случае констатируют полное совпадение $D^{\text{до}}$ и $D^{\text{после}}$ (и в числовом выражении, и в геометрической интерпретации), а также полное совпадение $R^{\text{до}}$ и $R^{\text{после}}$.

Важно подчеркнуть, что в рассматриваемом случае результат по завершении нагрузки, то есть значение $D^{\text{после}}$, является определяющим в оценке устойчивости ФС респондента к предъявляемой нагрузочной пробе. Именно от значения $D^{\text{после}}$ зависит опосредованный вывод и об устойчивости респондента к нагрузке. Причем совпадению самооценок состояния до и после нагрузочной пробы, как отмечено выше, сопутствует совпадение их определенности $R^{\text{до}} = R^{\text{после}}$ у респондента.

Таким образом, при анализе устойчивости ФС респондента к нагрузочной пробе определенность λ субъективной оценки ФС выбирается по правилу:

$$\lambda = \begin{cases} R^{\boxtimes}, & \text{если } \Delta = 0; \\ R^{\text{после}}, & \text{если } \Delta \neq 0. \end{cases} \quad (8)$$

А степень устойчивости W субъективной оценки ФС респондента к предъявленной нагрузочной пробе рассчитывают уже с учетом определенности изменения субъективной оценки ФС следующим образом:

$$W = \lambda \times D^{\text{после}}. \quad (9)$$

Значения $D^{\text{после}}$ и $R^{\text{после}}$ рассчитывают по ранее изложенному алгоритму (см. рис. 3). Все результаты интерпретируют по шкале Харрингтона.

На рис. 4 приведена блок-схема алгоритма для оценки устойчивости субъективной оценки ФС респондента к заданным нагрузочным пробам (тяжести и напряженности труда, другим условиям военно-профессиональной деятельности).

Обсуждение. Понять скрытое восприятие респондентом своего текущего ФС, отличное от пря-

мой оценки, – вот стратегическая цель тестирования по анкете АСС-2. Здесь вполне оправдан скептицизм к простому суммированию полученных ответов респондента для такого понимания.

Рассмотрим возможности разработанной выше методологии.

Пример 1. Охарактеризовать субъективную оценку ФС военнослужащих (в/с) №№ 1, 2 и 3 по индивидуальным данным анкеты АСС-2.

В сводной табл. 3 приведены индивидуальные данные анкеты, а также итоги пошаговой реализации приведенного выше алгоритма.

Согласно представленным в табл. 3 результатам можно отметить, что:

- у военнослужащего № 1 из трех составляющих (С, А, Н) лишь показатель самочувствия «С» имеет уровень, граничащий с неприемлемым ($d_c = 0,368 < 0,37$). Субъективная оценка ФС удовлетворительная ($D = 0,523$), однако в целом уверенность в самооценивании своего состояния у военнослужащего недостаточная ($R = 0,501 < 0,55$);

- у военнослужащего № 2 высокая субъективная оценка ФС ($D = 0,847 > 0,63$) и высокая уверенность (определенность) в самооценивании своего состояния ($R = 0,815 > 0,55$). Все три показателя С, А, и Н имеют высокие значения d по шкале Харрингтона;

- у военнослужащего № 3 безусловная уверенность в самооценивании своего состояния ($R = 1$) и исключительно высокая субъективная оценка ФС ($D = 0,920 > 0,8$).

Пример 2. Оценить устойчивость субъективной оценки ФС военнослужащих №№ 1, 2 и 3 к предъявленной нагрузочной пробе.

В соответствии с формулой (9) и рис. 4 решение поставленной задачи основано на обязательном знании значений $D^{\text{после}}$ и $R^{\text{после}}$ у респондентов. Поэтому для военнослужащих №№ 1, 2 и 3 необходимо предварительно оценить ФС после нагрузочной пробы по данным анкеты АСС-2. Аналогичные результаты до нагрузочной пробы уже были приведены выше в табл. 3.

В сводной табл. 4 приведены индивидуальные данные анкеты, а также результаты пошагового расчета $D^{\text{после}}$ и $R^{\text{после}}$ по ранее приведенной схеме (см. рис. 3).

Далее, в соответствии с блок-схемой (см. рис. 4) требуется выполнить промежуточные расчеты (табл. 5).

Затем по формуле (9) определить значение показателя W , по которому возможно оценить

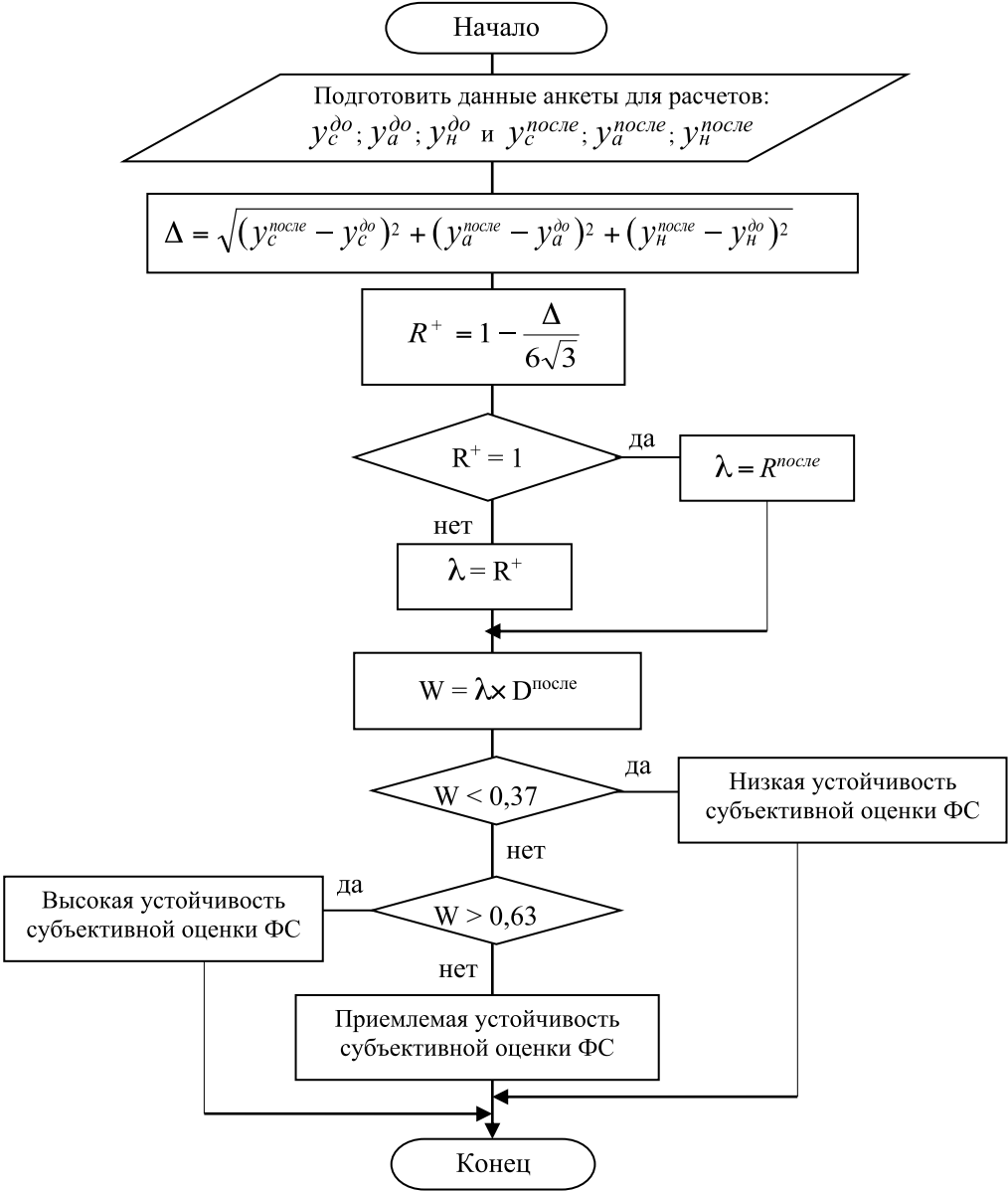


Рис. 4. Блок-схема оценки устойчивости субъективной оценки ФС респондента
Fig. 4. Flowchart for assessing the stability of the subjective assessment of the respondent’s FS

Субъективная оценка ФС военнослужащего

Таблица 3
Table 3

Subjective assessment of the psychophysiological state of a serviceman

Военно- служащий	Стимул (после)							Фактор			Расчет по Харрингтону						Итог	
	1	2	3	4	5	6	7	С	А	Н	z _с	z _а	z _н	d _с	d _а	d _н	D	R
№1	1	1	2	1	1	1	3	1,00	1,33	2,00	0,001	0,416	1,246	0,368	0,517	0,750	0,523	0,501
№2	2	2	2	3	3	3	2	2,50	2,33	2,50	1,868	1,661	1,868	0,857	0,827	0,857	0,847	0,815
№3	3	3	3	3	3	3	3	3,00	3,00	3,00	2,491	2,491	2,491	0,920	0,920	0,920	0,920	1,000

Таблица 4

Субъективная оценка ФС военнослужащего после нагрузочной пробы

Table 4

Subjective assessment of the functional state of a service member after a stress test

В/с	Стимул (после)							Фактор			Расчет по Харрингтону						Итог	
	1	2	3	4	5	6	7	С	А	Н	z _с	z _а	z _н	d _с	d _а	d _н	D _{после}	R _{после}
№1	1	-1	1	1	1	1	3	1,00	0,33	2,00	0,001	-0,829	1,246	0,368	0,101	0,750	0,304	0,435
№2	2	2	2	2	2	3	3	2,00	2,33	2,50	1,246	1,661	1,868	0,750	0,827	0,857	0,810	0,762
№3	1	1	2	1	2	-1	2	1,50	0,67	1,50	0,624	-0,414	0,624	0,585	0,220	0,585	0,422	0,428

Таблица 5

Промежуточные расчеты

Table 5

Intermediate Calculations

в/с	Координаты точек семантического пространства						Расстояние между точками	Мера определенности субъективной оценки
	до			после			$\Delta = \sqrt{\sum_{i=1}^3 (y_i^{после} - y_i^{до})^2}$	$R^+ = 1 - \frac{\Delta}{6\sqrt{3}}$
	y _с	y _а	y _н	y _с	y _а	y _н		
№1	1,00	1,33	2,00	1,00	0,33	2,00	1,000	0,904
№2	2,50	2,33	2,50	2,00	2,33	2,50	0,500	0,952
№3	3,00	3,00	3,00	1,50	0,67	1,50	3,153	0,697

Таблица 6

Устойчивость субъективной оценки ФС военнослужащего

Table 6

Stability of subjective assessment of the functional state of a military serviceman

в/с	Субъективная оценка ФС и степень ее определенности				Устойчивость субъективной оценки ФС	
	до нагрузочной пробы		после нагрузочной пробы			
	$D^{\text{до}}$	$R^{\text{до}}$	$D^{\text{после}}$	$R^{\text{после}}$	l	$W = l \times D^{\text{после}}$
№1	0,523	0,501	0,304	0,435	0,904	0,274
№2	0,847	0,815	0,810	0,762	0,952	0,771
№3	0.920	1.000	0.422	0.428	0.697	0.294

и обосновать устойчивость субъективной оценки ФС военнослужащего к нагрузочной пробе (табл. 6).

Обращаясь к табл. 6 можно отметить следующее.

В отличие от военнослужащего № 2, имеющего высокую устойчивость субъективной оценки ФС к нагрузочной пробе ($W = 0,771$), у военнослужащих № 1 и № 3 сопоставимо низкая устойчивость субъективной оценки ФС к нагрузочной пробе ($W = 0,274$ и $W = 0,294$ соответственно).

Однако данное обстоятельство вызвано разными причинами.

У военнослужащего № 1 это обусловлено, во-первых, изначально весьма умеренным

значением $D = 0,523 < 0,63$ и недостаточной определенностью ответов $R = 0,501 < 0,55$, во-вторых – последующим снижением D до неприемлемого уровня $0,304 < 0,37$ (по шкале Харрингтона) и еще большим ослаблением меры определенности ответов R до $0,435 < 0,501 < 0,55$ в результате нагрузочной пробы.

У военнослужащего № 3, изначально имеющего беспрецедентно высокие характеристики субъективной оценки ФС ($D = 0,920$ и $R = 1$), это обусловлено их резким снижением до $D = 0,422 < 0,63$ и $R = 0,428 < 0,55$ соответственно. При этом в результате нагрузочной пробы у военнослужащего не просто ухудшилась обобщенная субъективная оценка ФС,

но была утеряна определенность/уверенность в оценивании своего текущего состояния.

В отличие от традиционного линейного суммирования ответов по тест-анкете представленная модель включала не только количественно-качественную субъективную оценку ФС (частных вариантов и обобщенного результата), но и оценку определенности/уверенности респондента в оценивании своего текущего состояния.

Такой комплексный подход расширяет возможности исследователя в понимании скрытого восприятия респондентом своего настоящего ФС. Кроме того, переход от градуированной шкалы к интервальной шкале Харрингтона позволяет применять данную методологию к групповым исследованиям.

Заключение. В целом предложенный подход к субъективной оценке текущего функционального состояния военнослужащего,

к анализу индивидуальных данных анкеты АСС-2, интерпретации получаемых результатов значительно расширяет возможности исследований в области физиологии и гигиены военного труда, а также способствует решению задач отбора/подбора лиц, наиболее пригодных для выполнения задач в экстремальных условиях.

Кроме того, применение функции желательности и шкалы приоритетности Харрингтона (Edvin Cameron Harrington, 1965) совместно с техникой семантического дифференциала Осгуда (Charles Egbert Osgood, 1952) создает определенную методологическую универсальность предложенного подхода: возможность использования его аналитических основ (функционирования алгоритмов) в разработке методик и в прикладных задачах, связанных с анкетированием (тестированием) респондентов.

Сведения об авторах

Щукина Нэлла Алексеевна – научный сотрудник научно-исследовательского отдела обитаемости научно-исследовательского центра, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0001-6479-5971, e-mail: tshukina.nella@gmail.com

Гринчук Светлана Сергеевна – научный сотрудник научно-исследовательского отдела обитаемости научно-исследовательского центра, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6

Information about the authors

Nella A. Shchukina – Researcher at the Research Department of Habitability Support of the Research Center, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0000-0001-6479-5971, e-mail: tshukina.nella@gmail.com

Svetlana S. Grinchuk – Researcher at the Research Department of Habitability Support of the Research Center, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6

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. Вклад в концепцию и методологию исследования – Н. А. Щукина. Вклад в анализ материала и выводы – Н. А. Щукина, С. С. Гринчук. Вклад в подготовку рукописи – Н. А. Щукина, С. С. Гринчук.

Author contribution. All authors equally participated in the preparation of the article in accordance with the ICMJE criteria.

Special contributions: NASH contributed to the study concept and methodology. NASH, SSG contributed to the analysis of materials and conclusions. NASH, SSG contributed to the preparation of the manuscript.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Funding. The study had no sponsorship.

Конфликт интересов. авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. The authors declare no conflict of interest.

Поступила/Received: 12.12.2025
Принята к печати/Accepted: 15.03.2026
Опубликована/Published: 30.03.2026

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Хватова М. В. Функциональное состояние человека как интегральная характеристика // *Вестник Томского государственного университета*. 2008. Т. 59, № 3. С. 22–27 [Khvatova M. V. Human Functional State as an Integral Characteristic. *Bulletin of the Tomsk State University*, 2008, Vol. 59, No. 3, pp. 22–27 (In Russ.)].
2. Психология состояний. Под ред. А.О. Прохорова. М., 2011 [Psychology of States. Ed. A. O. Prokhorov. Moscow, 2011. ISBN 978-5-89353-337-8 (In Russ.)].

3. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. *Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий*. М.: Наука; 1976. 279 с. [Adler Yu. P., Markova E. V., Granovsky Yu. V. *Experimental Planning in the Search for Optimal Conditions*. M.: Science Publishing House; 1976, pp. 279 (In Russ.)].
4. Бурлачук Л. Ф., Морозов С. М. *Словарь-справочник по психологической диагностике*. Под ред. С. В. Крымского. 1989. Киев: Наукова думка; 200 с. [Burlachuk L. F., Morozov S. M. *Dictionary and Handbook of Psychological Diagnostics*. Textbook. Ed. S. V. Krymsky. Kyiv: Naukova Dumka; 1989, pp. 200. ISBN: 5-93878-086 (In Russ.)].
5. Корн Г., Корн Т. *Справочник по математике для научных работников и инженеров* / под ред. И. Г. Арамановича. М.: Наука; 1977. 832 с. [Korn G., Korn T. *Handbook of Mathematics for Scientists and Engineers*. Ed. I. G. Aramanovich. Moscow: Science Publishing House; 1977, pp. 832. ISBN 5-224-04977-6 (In Russ.)].
6. Шнейдер В. Е., Слуцкий А. И., Шумов А. С. *Краткий курс высшей математики*. М.: Высшая школа. 1972. 640 с. [Shneider V.E., Slutsky A.I., Shumov A.S. *Brief Course of Higher Mathematic*. Moscow: Higher School Publishing House, 1972, 640 p. (In Russ.)].

ОПЫТ РАБОТЫ ПОЛЕВОГО МНОГОПРОФИЛЬНОГО ГОСПИТАЛЯ НАЦИОНАЛЬНОГО МЕДИКО-ХИРУРГИЧЕСКОГО ЦЕНТРА ИМЕНИ Н. И. ПИРОГОВА В ГОРОДЕ АНАПА КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

С. А. Гуменюк*, А. О. Жерносенко, А. В. Осипов

Национальный медико-хирургический центр имени Н. И. Пирогова, Москва, Россия

ЦЕЛЬ. Проанализировать опыт развертывания и функционирования полевого многопрофильного госпиталя Федерального центра медицины катастроф ФГБУ «Национальный медико-хирургический Центр им. Н. И. Пирогова» Минздрава России (ФЦМК НМХЦ им. Н.И. Пирогова) при массовом поступлении пациентов в Анапе Краснодарского края.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Исследование носило описательно-аналитический, ретроспективный характер. Материалом исследования послужили данные деятельности полевого многопрофильного госпиталя (ПМГ) ФЦМК НМХЦ им. Н. И. Пирогова, развернутого в 2023 г. на базе гостиничного комплекса Анапы Краснодарского края. Анализ проводили на основании медицинской документации, отчетных форм, данных приемно-сортировочного, хирургического, травматологического и реанимационного отделений. Были использованы методы описательной медицинской статистики с расчетом абсолютных и относительных показателей, средних величин.

РЕЗУЛЬТАТЫ. В период функционирования ПМГ через приемно-диагностическое отделение прошли более 3 тыс. (более 90 %) пациентов, преимущественно травматологического профиля. Выполнено 11 663 оперативных вмешательств, хирургическая активность составила 362,3 операции на 100 пролеченных пациентов с пиковыми значениями в период максимальной нагрузки. Общая летальность достигла 0,18 %. Отмечена высокая лечебно-диагностическая нагрузка, потребовавшая поэтапной реструктуризации коечного фонда и функциональных подразделений госпиталя. В процессе работы выявлены организационные, кадровые и инженерно-технические ограничения, определяющие направления дальнейшего совершенствования развертывания и обеспечения полевых госпиталей.

ОБСУЖДЕНИЕ. Полученные результаты подтверждают возможность эффективного развертывания и функционирования ПМГ в приспособленном здании при массовом поступлении пациентов. Высокие объемы хирургической и диагностической помощи при низких показателях летальности свидетельствуют об адекватности принятых организационных решений. Одновременно выявленные кадровые, логистические и инженерно-технические ограничения указывают на необходимость дальнейшего совершенствования системы развертывания и обеспечения полевых медицинских формирований.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, экстренная госпитализация, массовые поступления, медицина катастроф, медицинская эвакуация, медицинская транспортировка

*Для корреспонденции: Гуменюк Сергей Андреевич, e-mail: Gumenyuksa@pirogov-center.ru

*For correspondence: Sergey A. Gumenyuk, e-mail: Gumenyuksa@pirogov-center.ru

Для цитирования: Гуменюк С. А., Жерносенко А. О., Осипов А. В. Опыт работы полевого многопрофильного госпиталя национального медико-хирургического центра имени Н.И. Пирогова в городе Анапа Краснодарского края // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 1. С. 123–130, <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2026-12-1-123-130>; EDN: <https://elibrary.ru/JOLBRH>

For citation: Gumenyuk S. A., Zhernosenko A. O., Osipov A. V. Experience of field multidisciplinary hospital of N. I. Pirogov national medical and surgical center in Anapa city, Krasnodar region // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 1. P. 123–130, <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2026-12-1-123-130>; EDN: <https://elibrary.ru/JOLBRH>

EXPERIENCE OF FIELD MULTIDISCIPLINARY HOSPITAL OF N. I. PIROGOV NATIONAL MEDICAL AND SURGICAL CENTER IN ANAPA CITY, KRASNODAR REGION

Sergey A. Gumenyuk, Andrey O. Zhernosenko, Alexey V. Osipov*

N. I. Pirogov National Medical and Surgical Center of the Russian Ministry of Health, Moscow,
Russia

OBJECTIVE. To analyze the experience of deploying and operating a field multidisciplinary hospital of the Federal Center for Disaster Medicine, the N.I. Pirogov National Medical and Surgical Center of the Russian Ministry of Health (NCDM N.I. Pirogov National Medical and Surgical Center) during a mass patient influx in Anapa, Krasnodar Krai.

MATERIALS AND METHODS. The study was descriptive, analytical, and retrospective. The study utilized data from the operations of the field multidisciplinary hospital (FMH) of the N.I. Pirogov National Medical and Surgical Center, which was established in 2023 at a hotel complex in Anapa, Krasnodar Krai. The analysis was conducted using medical records, reporting forms, and data from the admission and triage, surgical, trauma, and intensive care departments. Descriptive medical statistics were used, calculating absolute and relative indicators, as well as average values.

RESULTS. During the FMH functioning, more than 3,000 patients (over 90%), primarily trauma patients, were treated in the Admission and Diagnostic Department. 11,663 surgical interventions were performed, with a surgical activity rate of 362.3 operations per 100 treated patients, with peak rates during peak periods. The overall mortality rate reached 0.18%. A high treatment and diagnostic workload was noted, requiring a phased restructuring of the hospital's bed capacity and functional departments. Organizational, personnel, and engineering limitations were identified during the process, determining areas for further improvement in the deployment and support of field hospitals.

DISCUSSION. The obtained results confirm the feasibility of the effective deployment and operation of the field medical group in a suitable building during mass patient influxes. High volumes of surgical and diagnostic care, coupled with low mortality rates, demonstrate the adequacy of the organizational decisions made. At the same time, the identified personnel, logistical, and engineering limitations point to the need for further improvements to the deployment and support system for field medical units.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, emergency hospitalization, mass admissions, disaster medicine, medical evacuation, medical transportation

Введение. Одной из основных задач службы медицины катастроф является проблема, как можно быстрее доставить пострадавшего в профильную медицинскую организацию [1]. Не всегда лечебное учреждение может быть в зоне досягаемости и тогда специалисты Федерального центра медицины катастроф ФГБУ «Национальный медико-хирургический центр им. Н. И. Пирогова» Минздрава России (ФЦМК НМХЦ им. Н. И. Пирогова) приспособливают для работы госпиталя различные социальные объекты. Эффективность медицинского обеспечения при чрезвычайных ситуациях во многом определяется доступностью лечебных учреждений, возможностью медицинской эвакуации и готовностью системы здравоохранения к работе в условиях массового поступления пациентов.

Вместе с тем при удаленности стационарной сети здравоохранения, ее перегрузке, повреждении медицинской инфраструктуры или значительном числе пострадавших доставка пациентов в кратчайшие сроки в профильные медицинские организации оказывается затруднительной или невозможной [2, 3]. В по-

добных условиях особое значение приобретает развертывание временных медицинских формирований, в том числе полевых многопрофильных госпиталей, способных обеспечить оказание экстренной, специализированной, а в ряде случаев и высокотехнологичной медицинской помощи в непосредственной близости к очагу чрезвычайной ситуации [4–7].

Как показывают отечественные и зарубежные исследования, использование приспособленных зданий (гостиничных комплексов, учебных заведений, выставочных центров и иных социальных объектов) для развертывания полевых госпиталей позволяет в сжатые сроки создать лечебно-диагностическую базу, адаптированную к изменяющемуся потоку пациентов и профилю санитарных потерь [2–4]. При этом эффективность такого подхода во многом зависит от продуманности организационных решений, логистики, материально-технического обеспечения, кадрового потенциала и возможности оперативной реструктуризации госпиталя в процессе его функционирования.

В современных условиях особую актуальность приобретает анализ практического опыта работы полевых медицинских формирований в течение длительного времени, поскольку большинство публикаций посвящено краткосрочным этапам ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций или функционированию госпиталей в условиях вооруженных конфликтов [7, 8]. В то же время вопросы устойчивости работы, профессиональной нагрузки персонала, инженерно-технического обеспечения и организационных «узких мест» при длительном развертывании полевых госпиталей остаются недостаточно освещенными.

В этой связи представляется целесообразным обобщение и анализ опыта развертывания и функционирования полевого многопрофильного госпиталя (ПМГ) ФЦМК НМХЦ имени Н. И. Пирогова в приспособленном здании в Анапе Краснодарского края, что позволяет оценить как достигнутые результаты, так и проблемные аспекты организации медицинской помощи при массовом поступлении пациентов.

Цель. Проанализировать опыт развертывания и функционирования ПМГ ФЦМК НМХЦ им. Н. И. Пирогова в Анапе Краснодарского края при массовом поступлении пациентов.

Материалы и методы. Исследование носило описательно-аналитический, ретроспективный характер. Материалом изучения послужили данные деятельности ПМГ ФЦМК НМХЦ им. Н. И. Пирогова, развернутого в 2023 г. на базе гостиничного комплекса в Анапе Краснодарского края. Анализ проводили на основании медицинской документации, отчетных форм, данных приемно-сортировочного, хирургического, травматологического и реанимационного отделений. Были использованы методы описательной медицинской статистики с расчетом абсолютных и относительных показателей средних величин.

Результаты. Для исполнения поручения Минздрава России в 2023 г. (с марта по июль) на базе гостиничного комплекса в Анапе Краснодарского края был развернут ПМГ с целью оказания первичной медико-санитарной и специализированной, в том числе высокотехнологичной медицинской помощи на 391 койку.

Гостиничный комплекс состоит из 7-этажного здания с цокольным этажом, в котором были развернуты и оснащены всем необходимым оборудованием операционная на одного пациента

с палатой пробуждения на 8 реанимационных коек (отделение анестезиологии-реанимации), а также ординаторская, склад для размещения лекарственных препаратов, расходных материалов и изделий медицинского назначения.

На 1-м этаже гостиничного комплекса было развернуто приемно-сортировочное отделение с мобильным ультразвуковым диагностическим аппаратом экспертного класса.

Со 2-го по 4-й этажи были расположены 3 отделения травматологии-ортопедии на 293 койки (2-й этаж – 91 койка, 3-й этаж – 101 койка, 4-й этаж – 101 койка), на 5-й этаже размещено хирургическое отделение на 98 коек. Следует отметить, что в каждом отделении оборудованы перевязочные.

Оперативность профессиональных действий специалистов ФЦМК НМХЦ им. Н. И. Пирогова позволила в кратчайшие сроки силами 55 специалистов (30 врачей, 19 средних медицинских работников, 1 инженер по медицинской технике, 2 ИТ-специалиста, 1 сотрудник склада и 2 водителя) обеспечить функционирование ПМГ с приемно-сортировочным, хирургическим, травматологическим, реанимационным отделениями, перевязочными и процедурными кабинетами, лабораториями и кабинетами инструментальной диагностики, операционными [2, 3].

Дополнительно на каждом из этажей были развернуты ординаторские, сестринские посты, подсобные помещения для хранения лекарственных препаратов, расходных материалов, изделий медицинского назначения и иного имущества.

Впервые была проработана специализированным автотранспортом ФЦМК логистика снабжения ПМГ лекарственными препаратами, расходными материалами, изделиями медицинского назначения, медицинским оборудованием, инженерно-техническим и другим имуществом со складов постоянного базирования в Москве и Ростове-на-Дону. Однако необходимо отметить «слабые» места в данном процессе – значительное увеличение объема выполняемых манипуляций, а, соответственно, расходного материала и несвоевременное его восполнение. Во избежание перебоев в материально-техническом обеспечении ПМГ целесообразно своевременное доведение информации о конкретных задачах, функциях, объемах выполняемых работ до ответственных лиц, принимающих решения о логистике снабжения

ПМГ [9].

Первым поступившим в ПМГ пациентам начали оказывать экстренную медицинскую помощь в необходимом объеме уже через 20 часов, 150 человек были одновременно доставлены в приемно-сортировочное отделение для размещения в ПМГ, где специалисты оперативно провели медицинскую сортировку и распределение пациентов по профильным отделениям. Степень тяжести всех поступающих требовала незамедлительного оказания экстренной медицинской помощи в условиях перевязочной, процедурной и операционной.

В составе ПМГ в этот период были опытные специалисты 13 ведущих федеральных медицинских организаций Москвы, Санкт-Петербурга, Республики Татарстан, Смоленской и Челябинской областей, Чувашской Республики и других регионов.

Примером высокого уровня квалификации персонала может служить поступивший в первый день работы ПМГ пациент в тяжелом состоянии с диагнозом: «Разлитой гнойный перитонит». По экстренным показаниям под эндотрахеальным наркозом ему была выполнена операция: лапаротомия, санация, дренирование брюшной полости и наложение лапаростомы. Через 15 сут пациент был выписан для долечивания и дальнейшей реабилитации.

Учитывая ежедневное увеличение потока поступающих пациентов, возрастающую потребность в оперативной активности, послеоперационном наблюдении пациентов, проведении перевязок и иных медицинских манипуляций и процедур структура ПМГ требовала срочной реструктуризации. В течение 3 нед общая коечная емкость была увеличена на 28,9 % – до 550 коек. В связи с этим начали функционировать 3 отделения травматологии-ортопедии и отде-

ление хирургии на 100 коек каждое, в которых развернуты отдельные палаты с перевязочными для пациентов с гнойно-воспалительными осложнениями.

На 6-м этаже было открыто «чистое» хирургическое и терапевтическое отделения по 60 коек каждое, а также отделение дневного стационара на 30 коек.

В цокольном этаже расширены до операционного блока 3 операционных на 8 столов.

В холле первого этажа организован «Центр боли» с перевязочной и возможностью использования медицинского ксенона, кабинеты ультразвуковой диагностики и оказания медицинской помощи по профилям: челюстно-лицевая хирургия, стоматология и оториноларингология.

На 2-м этаже открыто отделение анестезиологии-реанимации на 26 коек. Появились мобильный компьютерный томограф и отделение рентген-диагностики.

За время работы ПМГ через приемно-диагностическое отделение прошли более 3 тыс. человек. Проведено около 12 тыс. оперативных вмешательств, хирургическая активность составила 362,3 операции на 100 пролеченных пациентов с пиковыми значениями в период максимальной нагрузки. В среднем за сутки выполнялось по 74 оперативных вмешательства, пиковая суточная нагрузка составила – 128 операций (табл. 1).

При изучении структуры выполняемых оперативных вмешательств, нами установлено, что наиболее часто была оказана специализированная медицинская помощь, а именно: вторичная хирургическая обработка в условиях общей анестезии (26,4 %), из высокотехнологической медицинской помощи – накостный остеосинтез пластиной (3,3 %) и интрамедуллярный остеосинтез стержнем (3,0 %).

Таблица 1

Динамика операционной активности

Table 1

Dynamics of operational activity

Показатель / Indicator	Март / March	Апрель / April	Май / May	Июнь / June	Июль / July	Всего / Total
Операционная активность, % / Surgical activity, %	11,6	22,6	25,5	26,3	14,0	100
Операционная активность, абс. ч. / Surgical activity, abs. n	1 368	2 634	2 971	3 063	1 627	11 663
Количество видов оперативных вмешательств / Number of types of surgical procedures	38	46	53	64	67	67

Таблица 2

Проведенные в ПМГ манипуляции и диагностические исследования

Table 2

Manipulations and diagnostic studies performed in the PMG

Наименование / Procedure	Всего, абс. / Total, abs.	Среднесуточное количество, абс. / Average daily number, abs. n
Перевязки / Dressings	41 098	300
КТ-исследования / CT examinations	3 010	20
Рентгенологические исследования / X-ray examinations	9 960	70
Ультразвуковые исследования / Ultrasound examinations	2 759	20

Таблица 3

Оказание медицинской помощи врачами-консультантами

Table 3

Provision of medical care by consulting doctors

Профиль специалиста / Specialist profile	Всего, абс. / Total, abs.	%
Терапевт / Internist	3 645	40,5
Психиатр / Psychiatrist	1 524	16,9
Офтальмолог / Ophthalmologist	1 101	12,2
Невролог / Neurologist	1 069	11,9
Нейрохирург / Neurosurgeon	833	9,3
Челюстно-лицевой хирург / Maxillofacial surgeon	583	6,5
Сосудистый хирург / Vascular surgeon	237	2,6

Высокий уровень квалификации специалистов позволял в условиях ПМГ проводить узкоспециализированные оперативные вмешательства: остеосинтез позвоночника металлоконструкцией, пластику периферических нервов и дефектов лица и черепа.

Объем проделанной работы свидетельствует о разнонаправленности и стремлении сотрудников ПМГ оказывать более широкий спектр диагностических и лечебных манипуляций пациентам для повышения их качества жизни в дальнейшем (табл. 2).

Пациентам, которым требовалась коррекция лечения, проведено 13 телемедицинских консультаций специалистами федеральных медицинских центров (табл. 3).

В общей структуре пролеченных в ПМГ удельный вес пациентов травматологического профиля составил более 90,0 %, хирургического – около 10,0 %.

В структуре пролеченных пациенты в травматологических отделениях патологии травматологического профиля составляли 99,7 %; средний возраст – 33 года; среднее количество койко-дней – 24,4; летальность – 0,15 %; остальные пациенты выписаны для дальнейшей реабилитации.

В структуре пролеченных пациенты в хирургических отделениях патологии хирургического профиля составили около 10,0 %, остальные – травматологического профиля, их последствия и осложнения, средний возраст пациентов составил 35 лет, среднее количество койко-дней – 25,7; летальность достигла 0,32 %.

В отделениях анестезиологии и реанимации было пролечено 715 пациентов, из них 54,5 % находились в системе жизнеобеспечения, летальность составила 0,8 %.

В терапевтическом отделении и в дневном стационаре были сосредоточены пациенты, имеющие ряд обострившихся сопутствующих соматических заболеваний, а также пациенты, которые не нуждались в оказании экстренной медицинской помощи, но им необходимо было организовать оказание высокотехнологичной медицинской помощи за пределами ПМГ – в региональных и федеральных медицинских организациях.

Общая летальность за весь период работы с марта по август 2023 г. в ПМГ составила 0,18 %.

Обсуждение. Полученные результаты подтверждают возможность эффективного развертывания и длительного функционирования

полевого многопрофильного госпиталя в приспособленном здании при массовом поступлении пациентов. Подобный подход неоднократно рассматривался в отечественных и зарубежных исследованиях как один из ключевых инструментов медицинского обеспечения при чрезвычайных ситуациях, когда стационарная сеть здравоохранения перегружена или недоступна [10–13].

Высокие показатели операционной активности, достигшие пиковых значений в период максимальной нагрузки, свидетельствуют об адекватности организационной структуры ПМГ и ее способности к оперативной адаптации. Гибкость хирургической службы и возможность быстрого наращивания объемов оперативной помощи являются определяющими факторами снижения летальности при массовых санитарных потерях [11]. Аналогичные выводы представлены в работах А. Hirschberg и соавт., где подчеркивается значимость модульного принципа развертывания хирургических и реанимационных подразделений [7].

Низкие показатели общей летальности при значительных объемах хирургической и реанимационной помощи сопоставимы с результатами, описанными в публикациях, посвященных функционированию мобильных и полевых госпиталей при вооруженных конфликтах и крупных чрезвычайных ситуациях [9, 10]. Это позволяет рассматривать опыт ПМГ ФЦМК НМХЦ им. Н. И. Пирогова как соответствующий международным представлениям об эффективности экстренной медицинской помощи в условиях ограниченных ресурсов.

В структуре пролеченных пациентов преобладание травматологического профиля закономерно и соответствует данным литературы, указывающим, что травмы опорно-двигательного аппарата и их осложнения составляют основную долю санитарных потерь при массовых поступлениях [12]. Высокая потребность в перевязках, рентгенологических и томографических исследованиях отражает тяжесть и многоэтапность лечения травматологических пациентов, что также согласуется с данными других авторов [4, 5, 13].

Отдельного внимания заслуживает выявленная высокая нагрузка на персонал ПМГ и признаки профессионального выгорания при длительном командировании. В ряде исследований показано, что медицинские работники, задей-

ствованные в ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, относятся к группе высокого риска по развитию эмоционального истощения и снижению качества профессиональной деятельности [12]. Это обосновывает необходимость включения психологической поддержки персонала в стандартные алгоритмы развертывания полевых госпиталей.

Выявленные организационные и инженерно-технические ограничения (отсутствие разводки медицинских газов, мобильных систем водоподготовки и ремонта оборудования) соответствуют проблемам, описанным в работах, посвященных медицинскому обеспечению в полевых условиях [1, 3, 6]. Авторы подчеркивают, что именно материально-техническое обеспечение и логистика во многом определяют устойчивость функционирования медицинских формирований при длительной работе.

Полученные результаты подтверждают, что опыт развертывания и работы ПМГ ФЦМК НМХЦ им. Н. И. Пирогова в Анапе в целом соответствует современным отечественным и международным подходам к медицинскому обеспечению чрезвычайных ситуаций, а выявленные проблемные аспекты могут рассматриваться как точки роста для дальнейшего совершенствования системы медицины катастроф.

В процессе работы ПМГ выявлены слабые звенья в организации оказания медицинской помощи, на которых следует акцентировать внимание для дополнительной их проработки:

- факты небрежного отношения персонала к медицинскому оборудованию. Целесообразно прописывать индивидуальную ответственность в должностной инструкции специалиста под роспись и за каждым отделением закреплять ответственное должностное лицо (старшая медицинская сестра, заведующий отделением);
- отсутствие разводки медицинских газов. Необходимо предусмотреть мобильные кислородные станции или осуществлять разводку в общественных организациях, таких как общеобразовательные учреждения, социальные объекты, торговые и выставочные центры;
- отсутствие мобильной наркозно-дыхательной аппаратуры. Имеющееся в ПМГ оборудование относится к стационарному;
- ремонт и обслуживание медицинского оборудования и иного имущества ПМГ при выездной

работе. Предусмотреть мобильный инженерный комплекс для данных целей с электронной документацией на применяемое оборудование;

- отсутствие мобильной системы очистки воды. Необходимость перевода имеющейся в ПМГ системы водоподготовки на колесную базу;

- алгоритм формирования заявок на медицинские изделия и расходные материалы с последующим их приобретением;

- отсутствие реактивов и расходных материалов ввиду действующих санкций к РФ;

- усиление контроля за санитарно-эпидемиологическим режимом в ПМГ. Массовый поток поступающих пациентов не позволил своевременно проводить бактериологические посевы для определения микрофлоры и чувствительности к антибактериальной терапии для осуществления этиотропного лечения;

- организация работы централизованного стерилизационного отделения потребовала предусмотреть особенности функционирования ПМГ в приспособленных помещениях и обеспечить замкнутый цикл дезинфекции, предстерилизационной очистки, сушки, упаковки медицинских изделий и стерилизации;

- отсутствие опыта работы персонала и знаний по тактике ведения пациентов в условиях военно-полевой хирургии, боевой травмы;

- дефицит кадров среди врачей, среднего и младшего медицинского персонала, что обуславливает увеличение ежедневной нагрузки,

а порой и отсутствие выходных. Нарастает физическая и моральная усталость (профессиональное выгорание) к концу командирования, что отрицательно сказывается на качестве оказываемой медицинской помощи. Необходимо предусмотреть возможность оказания медицинскому персоналу психологической помощи и консультаций;

- ежемесячная смена персонала не лучшим образом отражается на качестве оказания медицинской помощи. Считаем, что такую ротацию руководящего состава ПМГ (главный врач, начмед, заведующие отделениями, главная и старшие медицинские сестры) не следует проводить, поскольку им приобретен значительный опыт работы;

- до начала трудовой деятельности в ПМГ всему медицинскому составу, независимо от их должности и опыта работы, необходимо проводить вводный инструктаж, обсуждение должностных обязанностей, правил поведения, знакомство с медицинской информационной системой с учетом особенностей работы в ПМГ.

Заключение. Специалистами ФЦМК НМХЦ им. Н. И. Пирогова был приобретен неоценимый опыт развертывания и функционирования ПМГ в приспособленном здании, выявлены проблемные вопросы и возможные пути их решения, что в дальнейшем поможет в работе при ликвидации медицинских последствий в чрезвычайных ситуациях.

Информация об авторах

Гуменюк Сергей Андреевич – доктор медицинских наук, доцент, первый заместитель директора, Федеральный центр медицины катастроф Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медико-хирургический центр имени Н. И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Россия, 121552, Москва, ул. Академика Чазова, д. 15А, стр. 47; ORCID: 0000-0002-4172-8263; e-mail: Gumenyuksa@pirogov-center.ru

Осипов Алексей Владимирович – доктор медицинских наук, доцент, директор Федерального центра медицины катастроф Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медико-хирургический центр имени Н. И. Пирогова» Минздрава России, Россия, 121552, Москва, ул. Академика Чазова, д. 15А, стр. 47; ORCID: 0000-0003-1533-6343; e-mail: Osipovav@pirogov-center.ru

Жерносенко Андрей Олегович – кандидат медицинских наук, заместитель директора по организационно-методической работе Федерального центра медицины катастроф Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медико-хирургический центр имени Н.И. Пирогова» Минздрава России; Россия, 121552, г. Москва, ул. Академика Чазова, д. 15А, стр. 47; ORCID: 0000-0003-2871-8877; e-mail: Gernosenkoao@pirogov-center.ru

Information about authors

Sergey A. Gumenyuk – Dr. of Sci. (Med.), Associate Professor, First Deputy Director of the Federal Center for Disaster Medicine of the Federal State Budgetary Institution “N. I. Pirogov National Medical and Surgical Center” of the Ministry of Health of the Russian Federation; Russia, 121552, Moscow, Str. Academician Chazov, 15A, building 47; ORCID: 0000-0002-4172-8263; e-mail: Gumenyuksa@pirogov-center.ru

Alexey V. Osipov – Dr. of Sci. (Med.), Associate Professor, Director of the Federal Center for Disaster Medicine of the Federal State Budgetary Institution “N. I. Pirogov National Medical and Surgical Center” of the Ministry of Health of the Russian Federation; Russia, 121552, Moscow, Str. Academician Chazov, 15A, building 47; ORCID: 0000-0003-1533-6343; e-mail: Osipovav@pirogov-center.ru

Andrey O. Zhernosenko – Cand. of Sci. (Med.), Deputy Director for Organizational and Methodological Work of the Federal Center for Disaster Medicine of the Federal State Budgetary Institution “N. I. Pirogov National Medical and Surgical Center” of the Ministry of Health of the Russian Federation Surgical Center, Ministry of Health of the Russian Federation; Russia, 121552, Moscow, Str. Academician Chazov, 15A, building 47; ORCID: 0000-0003-2871-8877; e-mail: Gernosenkoao@pirogov-center.ru

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

Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция и план исследования – С. А. Гуменюк, А. В. Осипов; сбор данных – А. О. Жерносенко; анализ данных и выводы – С. А. Гуменюк, А. В. Осипов; подготовка рукописи – С. А. Гуменюк, А. О. Жерносенко, А. В. Осипов.

Author contribution: All authors confirm that their authorship complies with the international ICMJE criteria (all authors made a significant contribution to the study and preparation of the article, read and approved this version before publication).

Special contribution: SAG, AVO concept and research plan. AOZh data collection. SAG, AVO data analysis and conclusions. SAG, AOZh, AVO 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: 15.10.2025

Принята к печати/Accepted: 15.03.2026

Опубликована/Published: 30.03.2026

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Гуменюк С. А., Федин А. Б., Потапов В. И. и др. Основные аспекты анализа деятельности стационарных скорпомощных комплексов, оказывающих экстренную медицинскую помощь населению Москвы // *Скорая медицинская помощь*. 2025. Т. 26, № 2. С. 9–15 [Gumenyuk S. A., Fedin A. B., Potapov V. I., et al. Key Aspects of the Analysis of the Activities of Stationary Ambulance Complexes Providing Emergency Medical Care to the Population of Moscow. *Emergency Medical Care*, 2025, Vol. 26, No. 2, pp. 9–15 (In Russ)]. doi: 10.24884/2072-6716-2025- 9-15.
2. Giannou C., Balcan M. *War Surgery: Working with Limited Resources in Armed Conflict and Other Situations of Violence*. Geneva: International Committee of the Red Cross; 2013, 728 p. ISBN 978-2-940443-19-9.
3. Гуменюк С. А., Федин А. Б., Осипов А. В., Удалов Ю. Д. Функционирование скорпомощных стационарных комплексов в мегаполисе в условиях проведения динамической медицинской эвакуации пострадавших в ЧС // *Медицина катастроф*. 2025. № 4. С. 52–58 [Gumenyuk S. A., Fedin A. B., Osipov A. V., Udlov Yu. D. Functioning of emergency stationary complexes in a metropolis in the conditions of dynamic medical evacuation of victims in emergency situations. *Disaster Medicine*, 2025, No. 4, pp. 52–58 (In Russ)]. doi: 10.33266/2070-1004-2025-3-52-58.
4. Бызов А. В. Основные особенности медицинской эвакуации железнодорожным транспортом раненных в современном вооруженном конфликте // *Медицина катастроф*. 2024. № 1. С. 66–69 [Byzov A. V. Key Features of Medical Evacuation of the Wounded in a Modern Armed Conflict by Rail. *Disaster Medicine*, 2024, No. 1, pp. 66–69 (In Russ)]. doi: 10.33266/2070-1004-2025-3-52-58.
5. Лихолетов А. Г., Ичитовкина Е. Г., Соловьёв А. Г., Злоказова М. В. Эпидемиологический и динамический анализ травматизма и его последствий у сотрудников органов внутренних дел Российской Федерации: ретроспективное когортное исследование по данным военно-врачебной экспертизы (2008–2024 гг.) // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 3. С. 37–47 [Likholeto A. G., Ichitovkina E. G., Solovyov A. G., Zlokazova M. V. Epidemiological and dynamic analysis of injuries and their consequences among employees of the internal affairs bodies of the Russian Federation: a retrospective cohort study based on military medical examination data (2008–2024). *Marine Medicine*, 2025, Vol. 11, No. 3, P. 37–47. doi: 10.22328/2413-5747-2025-11-3-37-46.
6. 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 the personnel of the Ministry of Internal Affairs of Russia. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*, 2024, No. 2, P. 14–38 (In Russ.)]. doi: 10.25016/2541-7487-2024-0-2-14-38.
7. Первухин Н. Н., Гуменюк С. А., Суин П. А. Повышение квалификации врачей нештатных формирований службы медицины катастроф: необходимость или необязательность // *Методология и технология непрерывного профессионального образования*. 2025. № 1. С. 11–14 [Pervukhin N. N., Gumenyuk S. A., Suin P. A. Advanced Training of Physicians of Non-Staff Formations of the Disaster Medicine Service: Necessity or Optionality. *Methodology and Technology of Continuous Professional Education*, 2025, No. 1, pp. 11–14 (In Russ)]. doi: 10.24075/mtce.2025.02.
8. Brooks S. K., Webster R. K., Smith L. E., et al. The psychological impact of quarantine and how to reduce it: rapid review of the evidence. *The Lancet*, 2020, Vol. 395, No. 10227, P. 912–920. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30460-8.
9. Pape H. C., Giannoudis P., Krettek C. The timing of fracture treatment in polytrauma patients: relevance of damage control orthopedic surgery. *American Journal of Surgery*, 2002, Vol. 183, No. 6, P. 622–629. doi: 10.1016/S0002-9610(02)00865-6.
10. Frykberg E. R., Tepas J. J. Triage and management of mass casualties in disasters and wars. *Journal of the American College of Surgeons*, 2002, Vol. 195, No. 6, P. 825–833. doi: 10.1016/S1072-7515(02)01354-8.
11. Rignault D. P. War surgery: lessons learned from recent armed conflicts. *International Review of the Red Cross*, 2011, Vol. 93, No. 884, P. 825–838. doi: 10.1017/S1816383112000240.
12. Hirschberg A., Scott B. G., Granchi T., Wall M. J., Mattox K. L. How does casualty load affect trauma care in a field hospital? *Journal of Trauma*, 2010, Vol. 69, No. 2, P. 460–468. doi: 10.1097/TA.0b013e3181e500f4.
13. Shanafelt T. D., Hasan O., Dyrbye L. N., et al. Changes in burnout and satisfaction with work–life balance in physicians. *Mayo Clinic Proceedings*, 2015, Vol. 90, No. 12, P. 1600–1613. doi: 10.1016/j.mayocp.2015.08.023.

МЕДИЦИНСКОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ: ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Н. Н. Первухин

Московский территориальный научно-практический центр медицины катастроф Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия

ВВЕДЕНИЕ. Значимость мероприятий гражданской обороны в современных условиях многократно возрастает и требует совершенствования и развития ее медицинской составляющей системы, в том числе оптимизации организационно-штатной структуры нештатных мобильных медицинских формирований (НМФ) гражданской обороны.

ЦЕЛЬ. Разработать новую организационно-штатную модель НМФ для оптимизации оказания первичной врачебной медико-санитарной помощи пострадавшим в ходе ликвидации медико-санитарных последствий крупномасштабных чрезвычайных ситуаций (ЧС) мирного и военного времени.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В ходе исследовательской деловой игры проведено изучение и сравнительный анализ показателей работы трех сортировочных бригад в составе врачей городской поликлиники и двух сортировочных бригад в составе врачей хирургического профиля скорпомощного стационарного комплекса (ССК) по сортировке условно пострадавших в ЧС за 1 час работы.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Выявлены низкие возможности по сортировке условно пострадавших трех сортировочных бригад из числа врачей-специалистов городской поликлиники и высокий потенциал двух сортировочных бригад врачей-специалистов хирургического профиля ССК. Установлена необходимость изменения организационно-штатной структуры мобильного медицинского отряда Москвы (ММО) и типа медицинской организации-формирователя. Доказана эффективность применения разработанной модели НМФ при включении в его состав лечебно-диагностического передвижного комплекса на шасси автомобиля повышенной проходимости.

ОБСУЖДЕНИЕ. Предложенная организационно-штатная модель НМФ обладает, по сравнению с существующим вариантом ММО, рядом преимуществ, доказанных в ходе проведения деловой игры: повышается качество медицинской сортировки пострадавших в ЧС, снижается время готовности к выдвигению на границу очага ЧС; определены задачи новой модели НМФ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Внедрение предлагаемой модели НМФ сократит время догоспитального периода, снизит возможность развития осложнений в госпитальном периоде, обеспечит преемственность оказания медицинской помощи, улучшит прогноз лечения и дальнейшего восстановления пострадавших в ЧС.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, гражданская оборона, нештатное мобильное медицинское формирование, скорпомощный стационарный комплекс, медицинская сортировка, медицинская эвакуация

Для корреспонденции: Первухин Николай Николаевич, e-mail: pervuhinn@mail.ru

For correspondence: Nikolay N. Pervukhin, e-mail: pervuhinn@mail.ru

Для цитирования: Первухин Н. Н. Медицинское формирование гражданской обороны: перспективы применения инновационной модели // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 1. С. 131–140,

EDN: <https://elibrary.ru/KSBVXX>

For citation: Pervukhin N. N. Medical formation of civil defense: prospects for application of innovative model // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 1. P. 131–140, EDN: <https://elibrary.ru/KSBVXX>

MEDICAL FORMATION OF CIVIL DEFENSE: PROSPECTS FOR APPLICATION OF INNOVATIVE MODEL

Nikolay N. Pervukhin

Moscow Territorial Scientific and Practical Center for Disaster Medicine of the Moscow City
Department of Health, Moscow, Russia

INTRODUCTION. The importance of civil defense measures in modern conditions is increasing many times over and requires the improvement and development of its medical component of the system, including the optimization of the organizational and staffing structure of non-staff mobile medical units (NMF) of civil defense.

OBJECTIVE. To develop a new organizational and staffing model for the NMF to optimize the provision of primary medical and sanitary care to victims during the liquidation of the medical and sanitary consequences of large-scale emergency situations (ES) in peacetime and wartime.

MATERIALS AND METHODS. During the research business game, there was a study and comparative analysis of the performance indicators of three triage teams consisting of doctors from a city polyclinic and two triage teams consisting of surgical doctors from an emergency hospital complex (ERC) for triage of simulated victims in an emergency situation for 1 hour of work.

RESULTS. The limited triage capacity of three triage teams consisting of specialist physicians from the city polyclinic was identified, while there was a high triage capacity of two triage teams of surgical specialists from the ERC. The need to change the organizational structure of the Moscow Mobile Medical Unit (MMU) and the type of medical organization that forms the unit was established. The effectiveness of the developed NMF model was demonstrated when it included a mobile treatment and diagnostic complex on an all-terrain vehicle chassis.

DISCUSSION. The proposed organizational and staffing model of the NMF has, compared to the existing version of the MMO, a number of advantages proven during the business simulation: the quality of medical triage of victims in ES is improved, the time required to prepare for deployment to ES sources is reduced; the objectives of the new NMF model are defined.

CONCLUSION. The implementation of the proposed NMF model will reduce the pre-hospital period, decrease the possibility of complications developing during the hospital period, ensure continuity of medical care, and improve the prognosis for treatment and further recovery of ES victims.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, civil defense, non-staff mobile medical unit, stationary emergency medical complex, medical triage, medical evacuation

Введение. В современных условиях гражданская оборона Российской Федерации как составная часть системы национальной безопасности и обороноспособности страны должна быть готовой выполнять поставленные перед ней задачи при любых сценариях развития крупномасштабных чрезвычайных ситуаций (ЧС) мирного и военного времени. Нормативные правовые акты и руководящие документы по вопросам национальной безопасности Российской Федерации^{1,2,3} не исключают воз-

можности возникновения ЧС природного, техногенного, биолого-социального и военного характера с применением оружия массового поражения, а также вероятность террористических актов [1, 2].

Значимость мероприятий гражданской обороны как важнейшей государственной системы, обеспечивающей безопасность государства и его граждан от угроз мирного и военного времени в современных условиях, многократно возрастает и требует повышения готовности медицинской составляющей системы гражданской обороны, ее совершенствования и развития [3, 4].

Совершенствование и поступательное развитие медицинских сил гражданской обороны, в том числе нештатных мобильных медицинских формирований (НМФ), должно осуществляться преимущественно на основе разработки качественно новых подходов к оптимизации организационно-штатной структуры, повышения готовности к решению возложенных на них задач, обеспечения и комплексного применения современной медицинской техники и новейших

¹Военная доктрина Российской Федерации: утверждена Президентом Российской Федерации 25 декабря 2014 г. № Пр-2976 // Российская газета. 2014. № 298.

²Об основах государственной политики в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу: Указ Президента Российской Федерации от 11 марта 2019 г. № 97 // Собрание законодательства Российской Федерации. 2019. № 11. – Ст. 1106.

³Об утверждении Основ государственной политики в области гражданской обороны на период до 2030 года: Указ Президента Российской Федерации от 20 декабря 2016 г. № 696 // Собрание законодательства Российской Федерации. 2016. № 52, Ч. V. Ст. 7611.

технологий, улучшения подготовки личного состава медицинских организаций, на базе которых создаются НМФ.

Нештатными мобильными медицинскими формированиями по обеспечению мероприятий гражданской обороны в Москве, предназначенными для оказания первичной медико-санитарной помощи и выполнения элементов скорой медицинской помощи пострадавшему населению при масштабных ЧС, являются создаваемые органами исполнительной власти Москвы мобильные медицинские отряды (ММО). Распорядительными документами Правительства Москвы формирование ММО возложено на медицинские организации государственной системы здравоохранения, которые оказывают первичную медико-санитарную помощь населению (городские поликлиники) с привлечением государственных образовательных организаций среднего профессионального образования и автотранспортных предприятий. В своей деятельности организаторы ММО руководствуются Положением о мобильном медицинском отряде Москвы, утвержденным 20.06.2014 (Положение о ММО) [5]. Однако необходимо отметить, что с момента утверждения Положения о ММО до настоящего времени эти отряды не привлекались к ликвидации медико-санитарных последствий ЧС.

Врачи-специалисты, назначаемые в состав НМФ приказом руководителя медицинской организации, должны в совершенстве владеть знаниями и профессиональными компетенциями, позволяющими им качественно проводить медицинскую сортировку пострадавших, своевременно оказывать им первичную врачебную медико-санитарную помощь в экстренной и неотложной формах надлежащего качества в соответствии с установленными порядками и клиническими рекомендациями с учетом стандартов оказания медицинской помощи, которая не может быть сокращена ни при каких условиях. Наличие необходимых компетенций должно являться ключевым критерием по включению врачебно-сестринского персонала медицинских организаций в состав НМФ [6–8].

В соответствии с распорядительными документами Правительства Москвы ММО формируются на базе городских поликлиник. Положением о ММО установлена предельная штатная численность личного состава отряда – 30 человек. Структуру ММО образуют сорти-

ровочно-эвакуационные отделения, состоящие из сортировочной площадки и эвакуационной группы, и перевязочное отделение.

Для работы в одну смену привлекаются 7 врачей-специалистов (1 – начальник ММО; 6 – врачей, имеющих специализацию по профилю «хирургия»); 9 медицинских сестер, 2 медицинских регистратора, 10 санитаров и 2 водителя, в обязательном порядке должен быть предусмотрен второй сменный состав отряда. Установленное Положением о ММО время с момента получения сигнала (распоряжения) на приведение отряда в готовность к применению не должно превышать 6 ч.

Цель. Разработать новую организационно-штатную модель НМФ для оптимизации оказания первичной врачебной медико-санитарной помощи пострадавшим в ходе ликвидации медико-санитарных последствий крупномасштабных ЧС мирного и военного времени.

Материалы и методы. Изучение и последующий сравнительный анализ показателей работы врачей функциональных подразделений ММО и врачей-специалистов скоромошного стационарного комплекса Москвы (ССК) проводили в ходе исследовательской деловой игры по выполнению мероприятий по ГО с учетом различных сценариев обстановки (деловая игра). К участию в деловой игре были привлечены медицинские работники городской поликлиники, включенные в состав ММО, и врачи-специалисты хирургического профиля ССК. Выделение необходимых для имитации работы ММО медицинских средств и санитарно-хозяйственного имущества осуществлялось из запасов текущего довольствия ССК.

Предполагалось, что при деловой игре врачами-специалистами НМФ предусмотрено проведение медицинской сортировки и оказание первичной врачебной медико-санитарной помощи пострадавшим при ликвидации медико-санитарных последствий крупномасштабной ЧС в Москве с формированием массовых санитарных потерь. Было рассчитано, что эвакуация условно пострадавших из ММО в медицинские организации, оказывающие специализированную медицинскую помощь, должно осуществляться бригадами скорой медицинской помощи (СМП) в кратчайшие сроки.

Для проведения сравнительного анализа возможностей трех сортировочных бригад врачей городской поликлиники и двух сортировочных

бригад в составе врачей хирургического профиля ССК по сортировке пострадавших в ЧС, за 1 час работы было установлено среднее время, затрачиваемое на медицинскую сортировку поступившего в ММО одного условно пострадавшего средней или тяжелой степени в соответствии с данными, указанными в имитационном талоне. Хронометраж времени осуществляли экспертами-консультантами. Для получения достоверных временных показателей каждая сортировочная бригада выполнила медицинскую сортировку 20 условно пострадавших.

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием методов описательной и аналитической статистики. Количественные показатели были представлены в виде абсолютных значений и долей (%). Доли между независимыми группами сравнивали с применением критерия χ^2 Пирсона. Статистически значимыми считали различия при уровне значимости $p < 0,05$. Для оценки пропускной способности бригад и их возможностей по медицинской сортировке условно пострадавших в единицу времени использовали расчетный метод. Пропускную способность сортировочных бригад рассчитывали по формуле: $N = (T / t) \cdot k$, где N – количество отсортированных пострадавших, T – общее время работы сортировочных бригад, t – среднее время медицинской сортировки одного пострадавшего, k – количество сортировочных бригад.

Ограничения исследования. Исследование выполнено в условиях моделирования ЧС в формате исследовательской деловой игры, что ограничивает возможность полной экстраполяции полученных результатов на реальные условия ликвидации медико-санитарных ЧС. Оценка временных показателей медицинской сортировки основана на усредненных значениях без анализа индивидуальных наблюдений, а показатели пропускной способности сортировочных бригад носят расчетный характер. Указанные ограничения не снижают практической значимости результатов, отражающих организационные преимущества предложенной модели НМФ.

Результаты. Анализ результатов медицинской сортировки, одновременно проведенной тремя бригадами сортировочно-эвакуационного отделения ММО в составе врачей городской поликлиники, показывает, что среднее время сортировки одного условно пострада-

шего в ЧС в среднем занимает 7 мин 27 сек. При этом 63,3 % условно пострадавших (38 человек из 60), по мнению врачей, нуждались в оказании экстренной и неотложной помощи в условиях перевязочного отделения (табл. 1). Доля неправильных сортировочных решений была статистически значимо выше у врачей городской поликлиники по сравнению с врачами ССК (61,7 % против 10,0 %; $\chi^2 = 24,39$; $p < 0,001$). Направление пострадавших в перевязочное отделение достоверно чаще осуществлялось врачами городской поликлиники по сравнению с врачами ССК (63,3 % против 7,5 %; $\chi^2 = 28,66$; $p < 0,001$).

При разборе результатов медицинской сортировки экспертами-консультантами было указано на допущенные врачами-специалистами существенные ошибки, повлиявшие на качество ее проведения:

- не проводился первичный осмотр условно пострадавших при их поступлении на сортировочную площадку ММО для выявления лиц, нуждающихся в оказании экстренной медицинской помощи;
- некоторым условно пострадавшим врач-специалисты самостоятельно оказывали медицинскую помощь на сортировочной площадке;
- регистрировались случаи несоблюдения правила «золотого часа» в отношении условно пострадавших, направленных в перевязочное отделение для оказания им первичной врачебной медико-санитарной помощи в экстренной и неотложной формах, вместо направления на эвакуацию санитарными автомобилями скорой медицинской помощи с одновременным оказанием их бригадами необходимой скорой медицинской помощи во время эвакуации.

Фактически блокировало работу перевязочного отделения одномоментное направление туда условно пострадавших в соответствии с сортировочными решениями врачей сортировочных бригад. В процессе их работы было отмечено увеличение затрачиваемого времени с возрастанием числа условно пострадавших, прошедших сортировку. В целом неправильные сортировочные решения были приняты в отношении 61,7 % условно пострадавших (37 человек из 60).

Хронометраж временных показателей медицинской сортировки условно пострадавших двумя сортировочными бригадами в составе

Таблица 1

Количественные показатели работы бригад по медицинской сортировке условно пострадавших при крупномасштабной чрезвычайной ситуации

Table 1

Quantitative indicators of the work of triage teams for medical triage of simulated victims in a large-scale emergency

Группа / Group	Среднее время сортировки одного пострадавшего / Mean triage time per victim	Число пострадавших, направленных в перевязочное отделение, <i>n</i> / Victims referred to dressing unit	Неправильные сортировочные решения / Incorrect triage decisions
		<i>n</i>	%
Врачи ГП (3 бригады) Physicians of city polyclinic (3 teams)	7 мин 27 сек	38	63,3
Врачи ССК (2 бригады) Surgical physicians of emergency hospital complex (2 teams)	2 мин 12 сек	3	7,5
χ^2 / p-value	–	$\chi^2 = 28,66$	$p < 0,001$

Примечание. Статистическую значимость различий по долям оценивали с использованием критерия χ^2 Пирсона. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$. Статистическую проверку различий по среднему времени сортировки не проводили в связи с отсутствием массива индивидуальных временных наблюдений. ГП – городская поликлиника; ССК – скоромошнй стационарный комплекс

Note. Statistical significance of differences in proportions was assessed using Pearson’s χ^2 test. Differences were considered statistically significant at $p < 0.05$. Statistical testing of differences in mean triage time was not performed due to the absence of individual time measurements

врачей ССК позволил установить среднее время, затрачиваемое одной бригадой на сортировку одного условно пострадавшего в ЧС, которое составило 2 мин 12 сек, что в 3,4 раза меньше среднего времени, затрачиваемого сортировочной бригадой ММО. В ходе медицинской сортировки только 7,5 % условно пострадавших (3 человека из 40) были признаны нуждающимися в оказании экстренной или неотложной помощи в условиях перевязочного отделения (табл. 1).

Проведенный экспертами-консультантами анализ работы сортировочных бригад в составе врачей ССК показал, что медицинскую сортировку осуществляли по принципу «триаж» с распределением условно пострадавших в ЧС на группы по признакам нуждаемости в однородных лечебно-профилактических и эвакуационных мероприятиях в зависимости от медицинских показаний и исходя из срочности и очередности необходимых мероприятий. Были широко использованы эвакуационные возможности достаточного количества бригад СМП. Так, в процессе медицинской сортировки врачи ССК принимали решение об эвакуации условно пострадавших в специализированные стационары медицинских организаций по профилю поражения (травмы), с оказанием брига-

дами СМП необходимого объема в ходе эвакуации.

Существенных ошибок со стороны врачей ССК, свойственных врачам городских поликлиник, экспертами-консультантами не отмечено, однако неправильные сортировочные решения были приняты в отношении 10,0 % условно пострадавших (4 человека из 40), что в 6,2 раза меньше, чем врачами-специалистами, включенными в состав ММО.

Используя полученные в ходе деловой игры усредненные временные показатели медицинской сортировки одного условно пострадавшего одной сортировочной бригадой и применяя расчетный метод, можно установить, что за 1 час работы на сортировочной площадке три бригады сортировочно-эвакуационного отделения ММО осуществят сортировку 24 условно пострадавших, а за 12 ч работы – 288. Вместе с тем две сортировочные бригады, в состав которых включены врачи ССК, за 1 час работы способны осуществить медицинскую сортировку 54 условно пострадавших, за 12 ч работы – 648, что в 2,3 раза больше возможностей сортировочно-эвакуационного отделения ММО (табл. 2).

Результаты проведенного исследования наглядно продемонстрировали низкие возможно-

Таблица 2

Возможности сортировочных бригад по медицинской сортировке условно пострадавших в крупномасштабной ЧС

Table 2

Capabilities of triage teams for medical triage of simulated victims in a large-scale emergency

Показатель / Indicator	Врачи ГП (3 бригады) City polyclinic physicians (3 teams)	Врачи ССК (2 бригады) Emergency hospital complex physicians (2 teams)	Δ / Difference
Возможности сортировочных бригад НМФ по сортировке пострадавших за 1 час работы, <i>n</i> Total triage capacity per 1 hour, <i>n</i>	24	54	> 2,3 раза > 2,3-fold
Возможности сортировочных бригад НМФ по сортировке пострадавших за 12 ч работы, <i>n</i> Total triage capacity per 12 hours, <i>n</i>	288	648	> 2,3 раза > 2,3-fold

сти трех сортировочных бригад из числа врачей-специалистов ММО, сформированного на базе городской поликлиники, по сортировке условно пострадавших и высокий потенциал двух сортировочных бригад, в состав которых были включены врачи-специалисты хирургического профиля ССК.

Решения врачей хирургического профиля ССК об эвакуации условно пострадавших в ЧС в стационары медицинских организаций по профилю поражения (травмы) с оказанием необходимого объема скорой медицинской помощи были обоснованными. Результаты исследования показали, что использование эвакуационных мощностей для оказания скорой медицинской помощи в ходе эвакуации позволяет существенно разгрузить перевязочное отделение НМФ и обеспечить оказание необходимой медицинской помощью реально нуждающихся в ней, в первую очередь – пострадавших с крайне тяжелой степенью, в том числе агонирующих, эвакуация которых нецелесообразна.

Успешное взаимодействие врачей ССК с бригадами СМП и целенаправленная эвакуация по профилю поражения (ранения, травмы) в стационары медицинских организаций значительно сократят время догоспитального периода, а оказание экстренной и неотложной медицинской помощи во время эвакуации бригадами СМП значительно улучшит прогноз дальнейшего лечения. Расчет численности бригад СМП, привлекаемых к ликвидации медико-санитарных последствий крупномас-

штабных ЧС мирного и военного времени от медицинских организаций Москвы различной ведомственной принадлежности показал, что их количества будет более чем достаточно для эвакуации пострадавших в стационары профильных медицинских организаций.

В условиях массовых санитарных потерь среди населения Москвы при крупномасштабной ЧС незамедлительная эвакуация нуждающихся в оказании профильной специализированной медицинской помощи после выноса пострадавших из зоны ЧС продиктована необходимостью соблюдения правила «золотого часа» и недопущения жизнеугрожающих осложнений вследствие длительного ожидания первичной врачебной медико-санитарной помощи в экстренной и неотложной формах в условиях перевязочного отделения ММО.

Проведенное комплексное исследование показало необходимость кардинальных изменений организационно-штатной структуры ММО и типа медицинской организации – формирования НМФ, возложив данную функцию на ССК.

Кроме того, результаты исследования позволили установить, что при отсутствии собственного палаточного фонда для развертывания функциональных подразделений ММО практически не способно к оказанию установленного вида медицинской помощи, в том числе в экстренной и неотложной формах. Для решения данного проблемного вопроса автором исследования рассмотрена возможность и разработана модель применения НМФ при ликви-

дации медико-санитарных последствий крупномасштабных ЧС мирного и военного времени лечебно-диагностического передвижного комплекса Автоперевязочная на шасси автомобиля повышенной проходимости, состоящего из обитаемого кузова-контейнера постоянного объема и быстровозводимых пневмокаркасных сооружений, сопрягаемых с кузовом-контейнером. Автоперевязочная характеризуется высокими показателями готовности к применению, мобильностью и эвакуационностью (24 носилочных), значительной энерговооруженностью, возможностью ее укомплектования запасом расходного медицинского и санитарно-хозяйственного имущества на 2 суток автономной работы в полевых условиях. Автоперевязочная используется медицинскими службами силовых министерств и ведомств России в качестве полноценного этапа медицинской эвакуации для работы в автономном режиме по оказанию первичной врачебной медико-санитарной помощи или усиления сортировочных отделений базовых медицинских формирований для легкораненых [9, 10].

Новая модель НМФ с включением в ее штат Автоперевязочной и с размещением ее на постоянной основе на территории базовой медицинской организации ССК будет иметь ряд преимуществ, подтвержденных в ходе исследования:

- сокращение времени готовности НМФ к выдвиганию в район применения (на границу очага ЧС) – до 40 мин в рабочее время и до 2 ч в нерабочее время; возможность прибытия в район применения вне зависимости от дорожных, погодных и иных условий;

- возможность создания и хранения в базовой медицинской организации ССК укладок медицинских средств и санитарно-хозяйственного имущества для работы НМФ за счет запасов текущего довольствия, а также возможность частичного хранения его имущества непосредственно в кузове-контейнере Автоперевязочной;

- отсутствие необходимости поиска строений (помещений), соответствующих санитарно-эпидемиологическим нормативам, для развертывания функциональных подразделений при отсутствии у НМФ палаточного фонда, при этом размеры площадки для развертывания НМФ составят 20 × 20 м. Результаты исследовательских тактико-специальных учений, про-

веденных под руководством А. О. Сбоева в 2017, 2020 и в 2013–2016 гг., показали, что размеры площадки при развертывании ММО должны составлять не менее 120 × 120 м [11, 12];

- возможность медицинской сортировки поступающих пострадавших в ЧС и оказания первичной медико-санитарной помощи в экстренной и неотложной формах в темное время суток, в холодное время года и при неблагоприятных метеорологических условиях.

Кроме того, на основании решения уполномоченных должностных лиц НМФ могут быть развернуты в непосредственной близости в составе привлекаемых для ликвидации медико-санитарных последствий ЧС бригад специализированной медицинской помощи ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н. В. Склифосовского», полевого многопрофильного госпиталя Федерального центра медицины катастроф ФГБУ «Национальный медико-хирургический центр им. Н. И. Пирогова» Минздрава России, а также иных формирований Департамента здравоохранения Москвы, Минздрава России или другой ведомственной принадлежности, оказывающих специализированную медицинскую помощь на границе очага ЧС и осуществляющих медицинскую сортировку пострадавших, высвобождая врачей-специалистов, задействованных на сортировочной площадке, для непосредственного оказания ими специализированной медицинской помощи пострадавшим.

Обсуждение. На основании результатов исследования можно установить, что для создания функционального и работоспособного НМФ, который в силах полноценно выполнять задачи медицинской эвакуации, целесообразно:

1. Изменить тип медицинской организации, являющейся НМФ, сняв данную функцию с городских поликлиник и возложив на ССК, с привлечением высококвалифицированных и опытных врачей хирургического профиля и других работников ССК в качестве сотрудников формирования.

На основании результатов исследовательской деловой игры НМФ целесообразно создавать вместе с организационно-штатной структурой, в состав которой входят две сортировочные бригады и перевязочная группа. Общий штат НМФ должен составлять 18 работников: 3 врачей хирургического профиля (врачи-хирурги, врачи-травматологи-ортопеды), 6 средних ме-

дицинских работника (медицинские сестры), 8 санитаров и 1 водителя-электрика. Нештатное мобильное формирование гражданской обороны создается за счет врачей хирургических специальностей и средних медицинских работников хирургических отделений, осуществляющих дежурство в ССК на момент получения сигнала о создании формирования. Перечень должностных лиц, включенных в состав НМФ гражданской обороны, должен ежегодно утверждаться приказом руководителя медицинской организации – базы ССК, а расчет НМФ ежедневно уточняться руководителем ССК на следующие сутки (неделю) работы медицинского персонала медицинской организации, обеспечивающей деятельность ССК. Время непрерывной работы НМФ установить не более 12 ч.

2. Включить в организационно-штатную структуру НМФ лечебно-диагностический передвижной комплекс и Автоперевязочную на шасси грузового автомобиля повышенной проходимости. Обеспечить передачу Автоперевязочной в оперативное управление медицинской организации – базы ССК. Обслуживание автомобиля и готовность к выдвигению при получении соответствующего сигнала обеспечивать силами водителя-электрика.

3. Возложить на НМФ следующие функции:

- выполнение комплекса мероприятий медицинской сортировки пострадавших средней и тяжелой степеней по профилю повреждения (травмы, поражения) в крупномасштабной ЧС мирного и военного времени;
- выполнение минимальной экстренной медицинской помощи пострадавшим в целях подготовки их к эвакуации;
- передача пострадавших бригадам СМП для эвакуации в медицинские организации специализированной медицинской помощи;
- медицинское обеспечение (оказание первичной врачебной медико-санитарной помощи) работников аварийно-спасательных формирований, участвующих в ликвидации последствий крупномасштабных ЧС мирного и военного времени (спасателей), до полного завершения спасательных работ.

Готовность к выдвигению НМФ в район применения установить в рабочее время – 40 мин, в нерабочее – 2 ч.

4. Снабжение медицинскими средствами, санитарно-хозяйственным имуществом, с помощью индивидуальных средств защиты организовать за счет текущего довольствия медицинской организации базы ССК с их частичным хранением в Автоперевязочной.

Заключение. Таким образом, несомненными преимуществами внедрения предложенной организационно-штатной модели нештатного мобильного медицинского формирования гражданской обороны Москвы, создаваемых на базах скорпомощных стационаров, будут являться:

- предложенная штатная численность работников формирования, находящихся на суточном дежурстве, позволит в кратчайшие сроки оповестить личный состав о поступлении в медицинскую организацию сигнала о создании НМФ;
- размещение Автоперевязочной на постоянной основе на территории базового ССК сократит время готовности НМФ к выдвигению в район применения;
- наличие укомплектованных укладок и комплектов медицинских средств и санитарно-хозяйственного имущества, хранимого в медицинской организации-формирователе, позволит в кратчайшие сроки осуществить загрузку Автоперевязочной силами санитаров;
- применение Автоперевязочной на шасси грузового автомобиля повышенной проходимости позволит прибыть в район применения в установленное время вне зависимости от дорожных, погодных и иных условий; упростит выбор площадки (20 × 20 м) для развертывания НМФ; создаст комфортные условия работы персонала НМФ в ненастную погоду и холодное время года;
- медицинская сортировка, осуществляемая опытными врачами-специалистами, с определением профиля нуждаемости в оказании специализированной медицинской помощи и эвакуация в соответствии с грамотным сортировочным решением сократит время догоспитального периода, снизит возможность развития осложнений в госпитальном периоде, обеспечит преемственность оказания медицинской помощи, улучшит прогноз лечения и дальнейшего восстановления пострадавших в ЧС.

Сведения об авторе:

Первухин Николай Николаевич – заместитель директора по медицинской части для работы по ГО и МР, Московский территориальный научно-практический центр медицины катастроф; 129010, г. Москва, Б. Сухаревская пл., д. 5/1, стр. 1; ORCID: 0009-0001-3012-3816; e-mail: pervuhinn@mail.ru

Information about the author:

Nikolay N. Pervukhin – Deputy Director for the Medical Unit for Civil Defense and Mobilization Work, Moscow Territorial Scientific and Practical Center for Disaster Medicine; 129010, Moscow, B. Sukharevskaya sq., 5/1, bldg 1; ORCID: 0009-0001-3012-3816; e-mail: pervuhinn@mail.ru

Вклад автора. Автор подтверждает соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE.

Author contribution: The author confirms the compliance of his/her 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: 04.12.2025

Принята к печати/Accepted: 15.03.2026

Опубликована/Published: 30.03.2026

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Шевелев И. В., Мнацаканова В. Э. Основные проблемы в законодательстве и системе гражданской обороны Российской Федерации // *Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Пожарная и экологическая безопасность зданий в России и ЕАЭС*. СПб.: СПбУГПС МЧС России, 2023. С. 193–194 [Shevelev I. V., Mnatsakanova V. E. Main problems in the legislation and civil defense system of the Russian Federation. *Security service in Russia: experience, problems, prospects. Fire and environmental safety of buildings in Russia and the EAEU*. St. Petersburg: SPbUGPS EMERCOM of Russia, 2023, pp. 193–194 (In Russ.)].
2. Забара К. С., Губайдуллина И. Н. Основные проблемы развития гражданской обороны в Российской Федерации и методы их решения // *Охрана труда и техносферная безопасность на объектах промышленности, транспорта и социальных инфраструктур*. Пенза, 2024. С. 51–54 [Zabara K. S., Gubaydullina I. N. The main problems of civil defense development in the Russian Federation and methods for their solution. *Occupational health and safety at industrial, transport and social infrastructure facilities*. Penza, 2024, pp. 51–54 (In Russ.)].
3. Золотухин А. В. Вопросы медицинского обеспечения мероприятий гражданской обороны // *Совершенствование гражданской обороны в Российской Федерации*. Ногинск: МЧС России. 2017. С. 130–134 [Zolotukhin A. V. Issues of medical support for civil defense measures. *Improving civil defense in the Russian Federation*. Noginsk: EMERCOM of Russia, 2017, pp. 130–134 (In Russ.)].
4. Жаворонкова Н. Г., Агафонов В. Б. Российское законодательство о чрезвычайных экологических ситуациях: изменение парадигмы // *Юридическое образование и наука*. 2020. № 9. С. 39–44 [Zhavoronkova N. G., Agafonov V. B. Russian legislation on emergency environmental situations: a paradigm shift. *Legal education and science*, 2020, No. 9, pp. 39–44 (In Russ.)]. doi: 10.18572/1813-1190-2020-9-39-44.
5. Сбоев А. О., Ряполов В. В., Николаевский Е. Е. Опыт проведения исследовательского тактико-специального учения по функционированию мобильного медицинского отряда г. Москвы // *Медицина катастроф*. 2016. № 2 (94). С. 9–12 [Sboev A. O., Ryapolov V. V., Nikolaevsky E. E. Experience of conducting a research tactical and special exercise on the functioning of the Moscow mobile medical detachment. *Disaster Medicine*, 2016, No. 2 (94), pp. 9–12 (In Russ.)].
6. Алексанин С. С., Рыбников В. Ю., Евдокимов В. И. и др. Методологические аспекты создания мобильных медицинских бригад МЧС России для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций // *Экология человека*. 2017. № 11. С. 3–9 [Aleksanin S. S., Rybnikov V. Yu., Evdokimov V. I., et al. Methodological aspects of the creation of mobile medical teams of the Russian Ministry of Emergency Situations to eliminate the consequences of emergency situations. *Human Ecology*, 2017, No. 11, pp. 3–9 (In Russ.)]. doi: 10.33396/1728-0869-2017-11-3-9.
7. Суин П. А., Гуменюк С. А., Егоров К. В. О перспективах подготовки кадров службы медицины катастроф в условиях выхода России из Болонского соглашения // *Скорая медицинская помощь*. 2024. Т. 25, № 3. С. 59–66 [Suin P. A., Gumenyuk S. A., Egorov K. V. On the prospects for training personnel for the disaster medicine service in the context of Russia's withdrawal from the Bologna Agreement. *Emergency Medical Care*, 2024, Vol. 25, No. 3, pp. 59–66 (In Russ.)]. doi: 10.24884/2072-6716-2024-25-3-59-66.
8. Первухин Н. Н., Гуменюк С. А., Суин П. А. Повышение квалификации врачей нештатных формирований службы медицины катастроф: необходимость или необязательность // *Методология и технология непрерывного профессионального образования*. 2025. № 1 (21). С. 11–14 [Pervukhin N. N., Gumenyuk S. A., Suin P. A. Advanced training of physicians of non-staff formations of the disaster medicine service: necessity or optionality. *Methodology and technology of continuous professional education*, 2025, No. 1 (21), pp. 11–14 (In Russ.)]. doi: 10.24075/mtcpe.2025.02.
9. Бухтияров И. В., Соболенко А. К., Мурашев Н. В. и др. Мобильные медицинские комплексы: вчера, сегодня, завтра // *Медицина катастроф*. 2010. № 2 (70). С. 29–32. [Bukhtiyarov I. V., Sobolenko A. K., Murashev N. V. et al. Mobile medical complexes: yesterday, today, tomorrow. *Disaster Medicine*, 2010, No. 2 (70), pp. 29–32 (In Russ.)].

10. Иванов И. В., Медведев В. Р., Сидоров В. А. и др. Автоперевязочная АП-3 – новые технические решения и характеристики для повышения возможностей военно-медицинских частей и подразделений // *Прикладные вопросы военной медицины*. СПб, 2021. С. 205–210 [Ivanov I. V., Medvedev V. R., Sidorov V. A., et al. AP-3 dressing station – new technical solutions and characteristics to enhance the capabilities of military medical units and subdivisions. *Applied issues of military medicine*. St. Petersburg, 2021, pp. 205–210 (In Russ.)].
11. Сбоев А. О., Николаевский Е. Е. Нештатное аварийно-спасательное формирование «Мобильный медицинский отряд» // *Военно-медицинский журнал*. 2017. Т. 338, № 5. С. 59–60 [Sboev A. O., Nikolaevsky E. E. Non-staff emergency rescue formation «Mobile medical detachment». *Military Medical Journal*, 2017, Vol. 338, No. 5, pp. 59–60 (In Russ.)].
12. Сбоев А. О. Мобильный медицинский отряд как рациональная модель современного подвижного медицинского формирования, действующего в мегаполисе в чрезвычайных ситуациях // *Исследования и практика в медицине*. 2020. Т. 7, № 1. С. 83–95 [Sboev A. O. Mobile medical unit as a rational model of a modern mobile medical formation operating in a metropolis in emergency situations. *Research and practice in medicine*, 2020, Vol. 7, No. 1, pp. 83–95 (In Russ.)]. doi: 10.17709/2409-2231-2020-7-1-9.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ ПО ТУБЕРКУЛЕЗУ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ: РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ

¹О. Г. Кривенко, ¹Л. А. Мишанина*, ²Т. А. Чурилова, ^{1,3}Ю. Н. Закревский, ¹М. Ю. Бавтрушева,

¹Л. В. Полуднякова, ¹В. А. Похольченко, ¹М. А. Катышева

¹Мурманский арктический университет, г. Мурманск, Россия

²Мурманский областной противотуберкулезный диспансер, г. Мурманск, Россия

³Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

ВВЕДЕНИЕ. Туберкулез остается значимой медико-социальной проблемой. Оценка эпидемиологических и клинических особенностей заболевания, ассоциированных с условиями Мурманской области, важна для планирования и разработки противотуберкулезных мероприятий.

ЦЕЛЬ. Оценить эпидемическую обстановку по туберкулезу в Мурманской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Проведен ретроспективный анализ данных 657 медицинских извещений о впервые выявленных случаях туберкулеза в Мурманской области за 2020–2024 гг. По материалам Росстата изучена статистическая информация по заболеваемости туберкулезом населения Российской Федерации (РФ). Методы: описательный и сравнительный анализы.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Уровень заболеваемости туберкулезом в Мурманской области стабилен и ниже среднероссийского (19,3 на 100 тыс. населения в 2024 г.), показатель смертности низкий (2,1 на 100 тыс.). Выявлены ключевые группы риска: мужчины 35–54 лет, большая часть из которых – неработающие и безработные. Высока доля коморбидности с ВИЧ (44 % среди сочетанных патологий). Основной метод выявления заболевания – пассивная диагностика (51 %). Охват профилактическими осмотрами населения на туберкулез 62 %, что ниже среднего по РФ. Отмечен рост посмертной диагностики.

ОБСУЖДЕНИЕ. Стабильно низкие показатели в Мурманской области, несмотря на климато-экологические стресс-факторы, согласуются с данными других исследований по северным регионам России, где реализуется программа борьбы с туберкулезом через нормативно-правовое регулирование, мероприятия профилактики, диагностики и лечения. Выявленные группы риска соответствуют общероссийскому портрету больного туберкулезом. Высокая доля ВИЧ-коинфекции подтверждает общемировой тренд синергии этих заболеваний. Низкий охват профосмотрами и высокий процент пассивного выявления, отмеченные в работе, не соответствуют рекомендациям Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) и нуждаются в коррекции, что также отражено в трудах отечественных фтизиатров. Рост посмертной диагностики указывает на возможно латентные формы течения заболевания, позднее обращение пациентов, недостатки прижизненной диагностики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Эпидемическая ситуация по туберкулезу в Мурманской области оценивается как относительно благополучная и стабильная, характеризуется высокой частотой коморбидности с ВИЧ. Для дальнейшего улучшения ситуации требуется усиление активного выявления заболевания среди постоянного населения, а также в группах риска.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, туберкулез, Мурманская область, эпидемиологическая обстановка, заболеваемость, смертность, группы риска, коморбидность, профилактические осмотры, диагностика

*Для корреспонденции: Мишанина Людмила Александровна, e-mail: ludapoh@yandex.ru

*Information about the authors: Lyudmila A. Mishanina, e-mail: ludapoh@yandex.ru,

Для цитирования: Кривенко О. Г., Мишанина Л. А., Чурилова Т. А., Закревский Ю. Н., Бавтрушева М. Ю., Полуднякова Л. В., Похольченко В. А., Катышева М. А. Характеристика эпидемиологической ситуации по туберкулезу в Мурманской области: ретроспективный анализ // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 1. С. 141–152, EDN: <https://elibrary.ru/IAZFHI>

© 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>

For citation: Krivenko O. G., Mishanina L. A., Churilova T. A., Zakrevsky Yu. N., Bavtruseva M. Yu., Poludnyakova L. V., Pokholchenko V. A., Katysheva M. A. Characteristics of epidemiological situation of tuberculosis in Murmansk region: retrospective analysis // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 1. P. 141–152, EDN: <https://elibrary.ru/IAZFIH>

CHARACTERISTICS OF EPIDEMIOLOGICAL SITUATION OF TUBERCULOSIS IN MURMANSK REGION: RETROSPECTIVE ANALYSIS

¹Olga G. Krivenko, ¹Lyudmila A. Mishanina*, ²Tatyana A. Churilova, ^{1,3}Yuri N. Zakrevsky,

¹Margarita Yu. Bavtruseva, ¹Lyudmila V. Poludnyakova, ¹Vyacheslav A. Pokholchenko,

Marianna A. Katysheva¹

¹Murmansk Arctic University, Murmansk, Russia

²Murmansk Regional TB Dispensary, Murmansk, Russia

³Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

INTRODUCTION. Tuberculosis remains a significant medical and social problem. Evaluation of epidemiological and clinical characteristics of the disease, associated with the conditions in the Murmansk region, is important for planning and developing anti-tuberculosis measures.

OBJECTIVE. To assess the tuberculosis epidemic situation in the Murmansk region.

MATERIALS AND METHODS. There was a retrospective analysis of data from 657 medical notifications of newly diagnosed cases of tuberculosis in the Murmansk Region for 2020–2024. Statistical information on tuberculosis incidence in the Russian Federation (RF) was examined using Rosstat data. Methods: descriptive and comparative analysis.

RESULTS. The tuberculosis incidence rate in the Murmansk Region is stable and below the Russian average one (19.3 per 100,000 population in 2024), and the mortality rate is low (2.1 per 100,000). Key risk groups have been identified: men aged 35–54, the majority of whom are non-working or unemployed. The proportion of HIV comorbidity is high (44% among combined pathologies). The primary method of detecting the disease is passive diagnostics (51%). Coverage of the population with preventive tuberculosis screening is 62%, which is below average for Russia. An increase in postmortem diagnostics has been noted.

DISCUSSION. Consistently low rates in the Murmansk region, despite climatic and environmental stress factors, are in agreement with those obtained from other studies in northern regions of Russia, where a tuberculosis control program is being implemented through legal and regulatory frameworks, prevention, diagnosis, and treatment measures. The identified risk groups correspond to the profile of tuberculosis patients across Russia. The high proportion of HIV coinfection confirms the global trend of synergy between these diseases. Low coverage of routine medical examinations and the high percentage of passive detection noted in the study do not comply with World Health Organization (WHO) guidelines and require correction, as also reflected in the work of Russian phthisiologists. The increase in postmortem diagnosis indicates possible latent forms of the disease, late patient presentation, and shortcomings in antemortem diagnosis.

CONCLUSION. The tuberculosis epidemic situation in the Murmansk region is assessed as relatively favorable and stable, characterized by a high rate of comorbidity with HIV. Further improvement requires increased active detection among the resident population and at-risk groups.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, tuberculosis, Murmansk region, epidemiological situation, morbidity, mortality, risk groups, comorbidity, preventive examinations, diagnostics

Введение. Согласно ежегодному глобальному отчету Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в 2024 г. общее число заболевших туберкулезом составило 10,7 млн человек. Таким образом, достижение цели по ликвидации глобальной эпидемии туберкулеза (ТБ) остается отдаленной перспективой¹.

На сегодняшний день туберкулез продолжает представлять собой одну из наиболее серьезных медико-социальных и экономических проблем. По оценке ВОЗ, в настоящее время туберкулез стал основной причиной смерти среди инфекционных заболеваний (в 2019–2022 гг. – основная причина смерти COVID-9).

Борьба с туберкулезом является одной из приоритетных задач в Российской Федерации, о чем свидетельствует рост объема прямых медицинских затрат на лечение и профилактику заболевания (рис. 1). Относительно среднеголетнего показателя заболеваемости ту-

¹Global report on tuberculosis, 2025. Zheneva: Vsemirnaya organizaciya zdravookhraneniya; 2025. 70s. URL: <https://www.who.int/teams/global-tuberculosis-programme/tb-reports/global-tuberculosis-report-2025> (дата обращения: 15.10.2025).

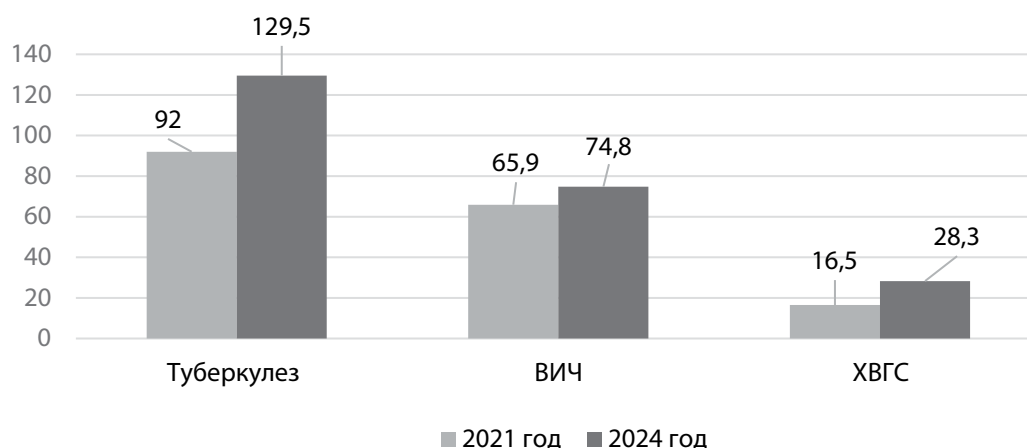


Рис. 1. Затраты на борьбу с инфекционными заболеваниями в Российской Федерации, млрд руб.

Fig. 1. Spending on Combating Infectious Diseases in the Russian Federation, Billion P

беркулезом в РФ в 2024 г. снизилась более чем в два раза и составила 26,49 на 100 тыс. населения².

По-прежнему приоритетными задачами в борьбе с туберкулезом являются:

- снижение заболеваемости и смертности от туберкулеза;
- повышение эффективности лечения туберкулеза с множественной лекарственной устойчивостью;
- профилактика и эффективное лечение туберкулеза у больных ВИЧ-инфекцией.

Цель. Оценить эпидемическую обстановку по туберкулезу в Мурманской области за период 2020–2024 гг.

Материалы и методы. Проведено ретроспективное исследование заболеваемости туберкулезом населения Мурманской области, РФ и Северо-Западного федерального округа (СЗФО).

В качестве материала исследования изучены 657 «Извещения о больном с впервые в жизни установленным диагнозом активного туберкулеза, с рецидивом туберкулеза» (утвержденная учетная форма), предоставленных статистическим отделом ГОБУЗ «Мурманский областной противотуберкулезный диспансер». В исследование включены извещения о пациентах в возрасте от 0 и более лет.

Проанализированы данные по заболеваемости населения РФ, представленные в статисти-

ческих сборниках «Здравоохранение в России», государственном докладе «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2024 году».

Проведен аналитический обзор отечественных и зарубежных литературных источников, размещенных в базах данных PubMed, Google Scholar, CyberLeninka, eLibrary.

В исследовании использовали методы описательной и аналитической статистики, программы Microsoft Word, Microsoft Excel.

Результаты. Мурманская область находится на северо-западе европейской части России, входит в состав СЗФО. Значительная часть ее территории расположена за полярным кругом. На начало 2024 г. численность населения региона составила 656,4 тыс. человека, из которых 93 % – городские жители.

Климатические условия области: высокая влажность воздуха в сочетании с низкими температурами: зима относительно теплая (–8––15 °С), лето – короткое, прохладное (8–14 °С) и дождливое; дефицит солнечного излучения, чередование полярного дня и ночи, частые и резкие перепады атмосферного давления рассматриваются как факторы риска. Они способствуют снижению иммунологической активности, резервов дыхательной системы, распространенности среди местного населения «синдрома полярного напряжения», который проявляется в виде астении, нарушений сна, повышенной утомляемости и так называемой «полярной» одышки, что увеличивает уязвимость организма, снижает его адаптивную устойчивость, повышает вероятность развития заболеваний, в том числе туберкулеза [1, 2].

² О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2024 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2025, 424 с.

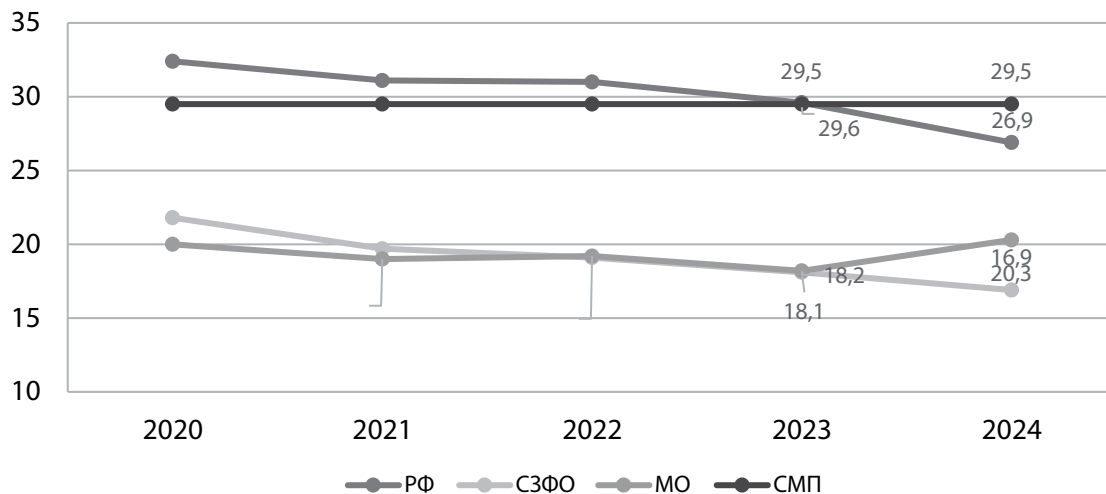


Рис. 2. Заболеваемость активным туберкулезом в период 2020–2024 гг., случаи на 100 тыс. населения
Fig. 2. Incidence of Active Tuberculosis, 2020–2024, cases per 100,000 population

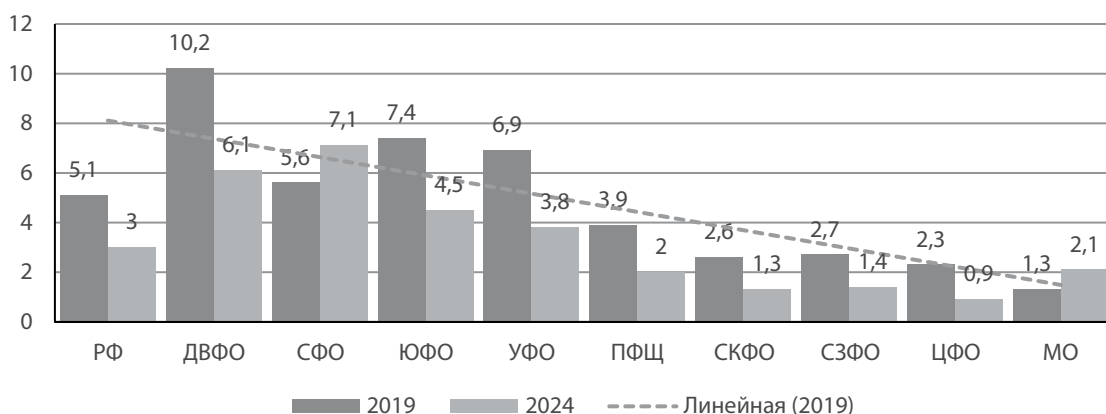


Рис. 3. Смертность от туберкулеза в Российской Федерации, случаи на 100 тыс. населения
Fig. 3. Mortality from tuberculosis in the Russian Federation, cases per 100,000 population

Сравнительный анализ показал, что с 2020 г. уровень заболеваемости туберкулезом в Мурманской области оставался относительно стабильным. На протяжении всего периода он был ниже, чем в среднем по России (рис. 2). Наименьшие значения в регионе зафиксированы в 2022 и 2023 г.

В структуре смертности населения РФ от социально значимых инфекций туберкулез занимает вторые-третьи места. В последние годы наблюдается снижение данного показателя. Так, в 2024 г. в большинстве регионов РФ отмечено значительное снижение уровня смертности от туберкулеза (рис. 3).

Следует обратить внимание на неравномерность данного показателя по регионам РФ: традиционно высокая смертность от туберкулеза характерна для Дальневосточного (ДВФО) и Си-

бирского (СФО) федеральных округов. Самые низкие показатели наблюдаются в Центральном (ЦФО), Северо-Западном (СЗФО) округах.

В Мурманской области смертность ниже, чем СЗФО и РФ в целом. Однако по сравнению с 2019 г. она увеличилась в 1,6 раза [3].

Возрастная структура заболеваемости туберкулезом в Мурманской области за исследуемый период практически не менялась. Наибольший уровень заболеваемости отмечен среди лиц в возрасте 35–64 лет (рис. 4). В старших возрастных группах наблюдается уменьшение числа пациентов с впервые установленным диагнозом. Наименьшие показатели зафиксированы среди детского населения: в 2023 и 2024 г. заболеваемость в группе от 0 до 17 лет составила 0,8 и 1,5 на 100 тыс. населения соответственно, что позволяет положи-

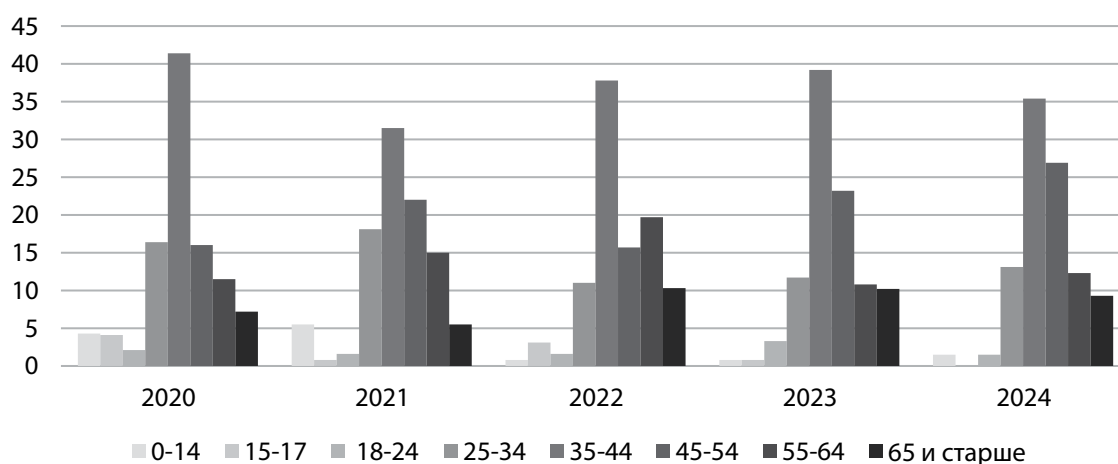


Рис. 4. Доля заболевших активным туберкулезом в возрастных группах в Мурманской области за период с 2020 по 2024 г., %

Fig. 4. Proportion of active tuberculosis cases in age groups in the Murmansk region for the period from 2020 to 2024, %

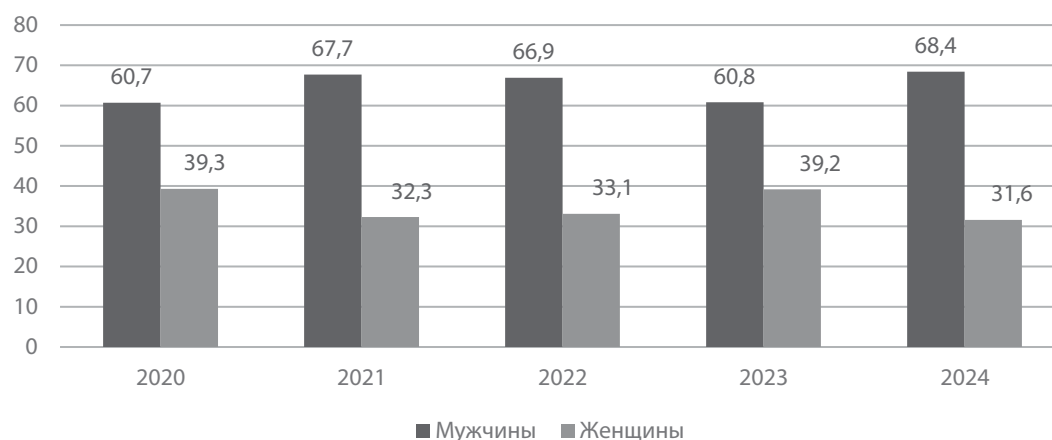


Рис. 5. Доля впервые выявленного активного туберкулеза среди мужчин и женщин в Мурманской области в период 2020–2024 гг., %

Fig. 5. Proportion of newly diagnosed active tuberculosis among men and women in the Murmansk region for the period 2020–2024, %

тельно оценивать проводимые в этот период профилактические мероприятия.

В гендерной структуре заболеваемости активным туберкулезом в Мурманской области, как в целом по РФ, отчетливо прослеживается тенденция преобладания мужской группы (рис. 5) [4, 5].

Подавляющее большинство заболевших – постоянное население региона. Заболеваемость в группе внутренних мигрантов из других субъектов РФ и среди иностранных граждан (иммигранты) а весь исследуемый период оставалась низкой (рис. 6) [6].

Анализ социального статуса заболевших показал, что наибольшая доля принадлежит группе безработных и неработающих (рис. 7).

Анализ эпидемиологической обстановки по туберкулезу в учреждениях Федеральной службы исполнения наказаний (ФСИН) и среди лиц без определенного места жительства сохраняет свою высокую значимость в связи с особой социальной структурой контингента. Согласно данным литературы, в период с 2015 по 2022 г. в РФ численность больных туберкулезом в пенитенциарной системе сократилась на 61,9 %. В изоляторах временного содержания снижение заболеваемости достигло 37,3 % [7–9]. В настоящее время эпидемическая обстановка по туберкулезу в исправительных учреждениях РФ оценивается как стабильная и контролируемая.

В исправительных учреждениях Мурманской области зафиксирована тенденция к сни-

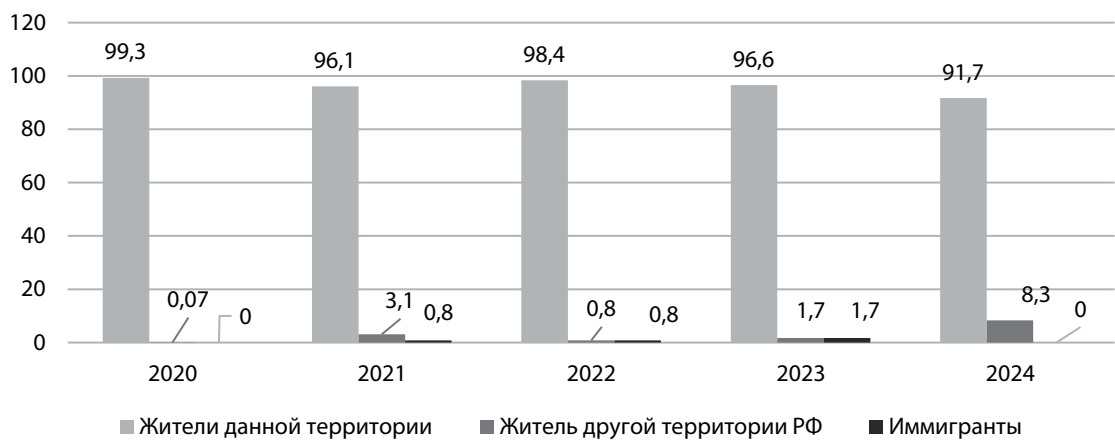


Рис. 6. Доля заболевших активным туберкулезом в отдельных группах населения Мурманской области в период 2020–2024 гг., %
Fig. 6. Proportion of Active Tuberculosis Cases in Specific Population Groups of the Murmansk Region, 2020–2024, %



Рис 7. Доля заболевших активным туберкулезом в отдельных социальных группах в Мурманской области в период 2020–2024 гг., %
Fig. 7. Share of active tuberculosis cases in certain social groups in the Murmansk Region in 2020–2024, %

жению заболеваемости. В 2024 г. выявлено снижение заболеваемости туберкулезом среди осужденных на 57,9 %. В группе подследственных с 2021 г. не выявлено ни одного случая активного туберкулеза.

Заболеваемость в группе лиц без определенного места жительства в исследуемый период фиксируется практически на одном уровне, с минимальным показателем в 2021 г. (рис. 8) [7–11].

В Мурманской области у 15 % больных с впервые диагностированным туберкулезом выявлена коморбидная патология; 44 % заболевших вторым диагнозом имеют ВИЧ-инфекцию (рис. 9). Наибольшее число больных с данным сочетанием диагнозов выявлено в 2020 г. и 2023 г. [12].

В 23 % случаев выявлено сочетание туберкулеза с гипертонической болезнью (ГБ) и ишемической болезнью сердца (ИБС). В 11 % случаев туберкулез сочетался с сахарным диабетом [13].

Пассивное выявление случаев заболевания в настоящее время является основным. В Мурманской области на поликлиники и стационары нетуберкулезного профиля приходится около 42 % и 32 % первичной диагностики туберкулеза соответственно. При этом в 51 % случаев заболевание выявлено по обращаемости пациентов (пассивная диагностика), в 45 % случаев – отмечено активное выявление заболевания. Посмертная диагностика туберкулеза в Мурманской области в среднем составила 5,6 %, самой высокой оказалась в 2024 г. – 14 (10,5 %) человек (рис. 10).

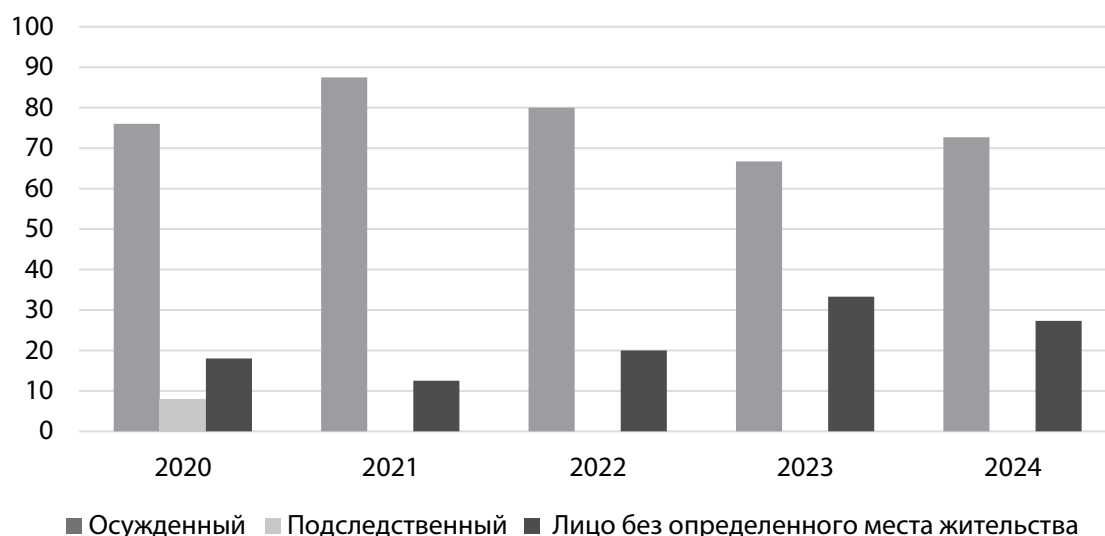


Рис. 8. Доля больных активным туберкулезом в системе Федеральной службы исполнения наказаний и группе лиц без определенного места жительства в Мурманской области в период 2020–2024 гг., %
Fig. 8. Proportion of patients with active tuberculosis in system of Federal Penal Correction Service of Russia and the homeless group in the Murmansk region during the period 2020–2024, %

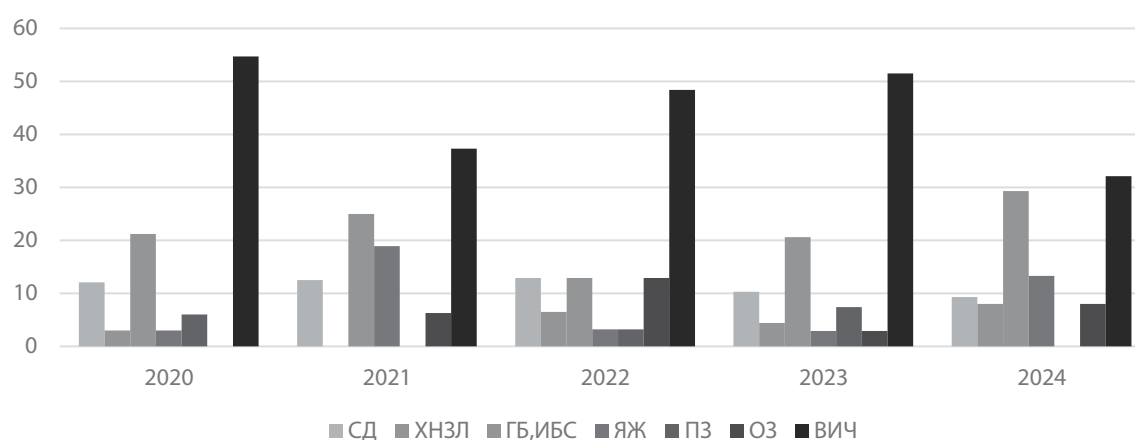


Рис. 9. Доля заболевших активным туберкулезом с коморбидной патологией в Мурманской области в период 2020–2024 гг., %
Fig. 9. Proportion of patients with active tuberculosis and comorbid pathology in the Murmansk region in the period 2020–2024, %

В 2024 г. в Мурманской области профилактическими осмотрами на раннее выявление заболевания охвачено 62 % населения, этот показатель увеличился на 15 % по сравнению с 2020 г. Однако он ниже, чем СЗФО и в целом по РФ. По показателю охвата населения профилактическими осмотрами Мурманская область вошла в субъекты с малым (наименьшим) охватом (рис. 11) [14, 15].

Обсуждение. Стабильный уровень заболеваемости населения Мурманской области туберкулезом, сохраняющийся на показателях ниже, чем в РФ, снижение уровня смертности

являются следствием реализации в регионе стратегической государственной программы по противодействию туберкулезу.

К сожалению, одной из вероятных причин снижения уровня заболеваемости туберкулезом в Мурманской области может быть низкий охват населения профилактическими осмотрами, доля осмотренных в исследуемый период в среднем составила 56,8 %, с наименьшими значениями в 2021 г. – 51,4 %, с наибольшими – в 2024 г. – 62 %. Основным методом первичной диагностики является пассивный.

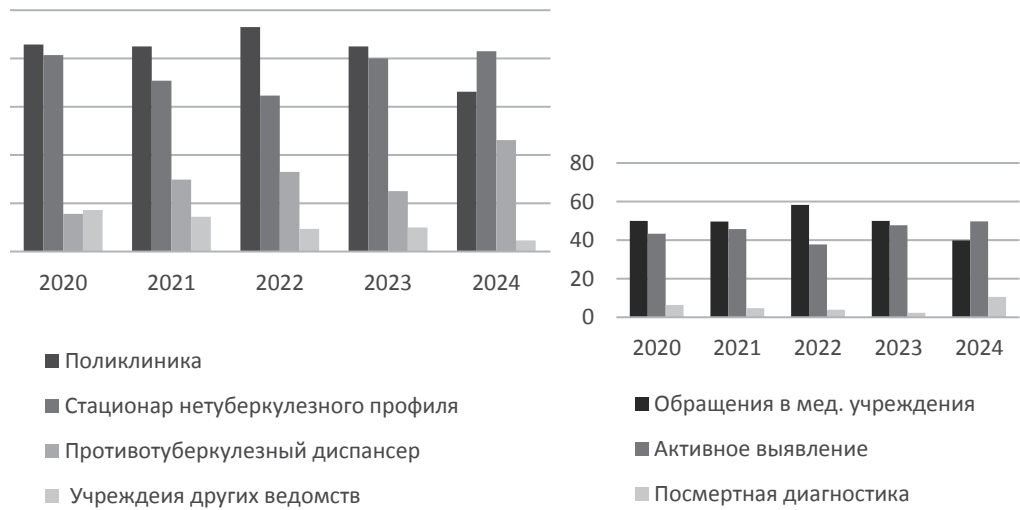


Рис. 10. Диагностика туберкулеза в Мурманской области в период 2020–2024 гг., %
Fig. 10. Tuberculosis Diagnosis in the Murmansk Region, 2020–2024, %

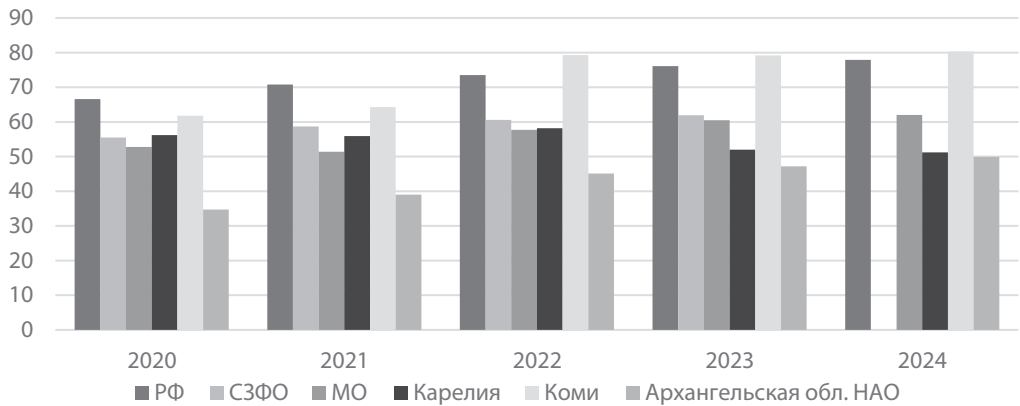


Рис. 11. Охват профилактическими осмотрами населения РФ, СЗФО в 2020–2024 гг., %
Fig. 11. Coverage of the Population of the Russian Federation with Preventive Health Check-ups in 2020–2024, %

Возрастное распределение заболевших туберкулезом в Мурманской области совпадает с общероссийской структурой заболеваемости по возрастным группам.

В литературных источниках приводится социальный портрет больного туберкулезом: чаще всего это мужчина в возрасте от 17 до 39 лет, обычно неработающий, злоупотребляющий спиртными напитками, курящий, на момент осмотра уже имеющий заболевание [5].

В Мурманской области в гендерной структуре заболеваемости активным туберкулезом также отчетливо прослеживается тенденция превалирования мужской группы. Данные, которые приводятся в источниках, и полученные нами, можно объяснить поведенческими и социальными различиями, особенностями контактов в зависимости от возраста и пола. Мужское население

чаще имеет вредные привычки, сопутствующие таким заболеваниям, как ВИЧ, венерические болезни, гепатит, что повышает восприимчивость организма к туберкулезу, а также преимущественно в мужской популяции лиц, отбывающих наказание в системе ФСИН (соотношение мужчин и женщин 9 : 1) [8].

Учет показателей заболеваемости в зависимости от социального статуса пациентов имеет существенное значение. В нашем исследовании наибольшая доля заболевших принадлежит группе неработающих и безработных. Достоверность полученных данных не вызывает сомнения, так как именно для безработных чаще всего характерен низкий образовательный, культурный и материальный уровень, недостаток санитарной грамотности, отсутствие постоянного места жительства. У лиц без определенного места

жительства туберкулез диагностируется по обращаемости, поэтому можно предположить, что выявляются уже распространенные, остро протекающие формы заболевания, зачастую плохо поддающиеся лечению.

Анализ демографических показателей позволяет утверждать, что для Мурманской области характерно перманентное сокращение численности проживающих. Отток населения можно связать не только с климатическими, но и с экологическими условиями (наличием большого количества добывающих и перерабатывающих предприятий, а также источников радиоактивного загрязнения).

По итогам 2024 г., население Мурманской области сократилось на 2,1 тыс. человека. При этом анализ международной миграции показал рост на 1,1 тыс. человек. Всего на начало 2025 г. в Мурманской области проживали 16,5 тыс. иностранных граждан. В Мурманскую область в основном приезжают мигранты из стран СНГ. Часто это люди с низким уровнем образования и профессиональной подготовки, нередко из сельской местности [6].

Для данной группы населения в основном характерен низкий уровень здоровья, высокие показатели инфекционной заболеваемости. Проживая в России, многие имеют минимальный доступ к медицинским услугам. Данная проблема также вносит дополнительную нагрузку в структуру инфекционной заболеваемости области. Однако ранее проведенные исследования показали, что для этой категории в большей степени характерны острые кишечные инфекции, ОРВИ, грипп.

В исправительных учреждениях Мурманской области выявлено снижение заболеваемости туберкулезом, что скорее всего обусловлено эффективной организацией противотуберкулезных мероприятий среди осужденных, созданием стандартизированной налаженной системы диагностики, лечения и профилактики заболевания и регулярного контроля.

В последние годы отмечается рост числа больных туберкулезом с сопутствующими заболеваниями. Многие исследования показывают, что туберкулез все чаще присоединяется к другим заболеваниям, также может быть фоновая патология (наличие хронического заболевания), которая способствует развитию туберкулеза. При этом возможно утяжеление

течения обоих или нескольких заболеваний. Чаще всего выявляется сочетание туберкулеза с хроническими неспецифическими заболеваниями органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, болезнями желудочно-кишечного тракта, сахарным диабетом, гепатитами. Расчет число больных, у которых туберкулез сочетается с ВИЧ-инфекцией, наркоманией и алкоголизмом.

И туберкулез, и ВИЧ-инфекция относятся к социально обусловленным заболеваниям, распространены в идентичных группах населения, чаще – это люди с низкой социальной ответственностью, имеющие вредные привычки. ВИЧ вызывает изменения в иммунном статусе, поэтому является фактором риска для развития активного туберкулеза [12].

Наличие гипертонической и ишемической болезни сердца у больных туберкулезом утяжеляет течение заболевания, способствует формированию множественной лекарственной устойчивости (ЛМУ-ТБ), а также формирует трудности в эффективной терапии заболеваний.

Сочетание туберкулеза с сахарным диабетом усугубляет течение обоих заболеваний. Возникает риск развития осложнений сахарного диабета, изменения симптомов туберкулеза. Многие авторы указывают на ухудшение переносимости лечения: во многих случаях развивается устойчивость к противотуберкулезным препаратам, лечение становится малоэффективным [12, 13].

Своевременное выявление туберкулеза – по-прежнему основная задача учреждений здравоохранения. Чаще заболевшие обращаются в первичное звено здравоохранения, где принимают не специалисты фтизиатрического профиля, а врачи-терапевты, участковые, врачи общей практики.

Профилактические осмотры направлены на раннее выявление заболевших и особое значение имеют в группах риска.

Заключение. Несмотря на сложные климатические и экологические условия, эпидемиологическая ситуация по заболеваемости туберкулезом в Мурманской области в целом благоприятная, уровень заболеваемости в исследуемый период оставался относительно стабильным и был ниже, чем по РФ.

Основная группа заболевших – местные жители, в основном (65 %) мужчины в возрасте 35–

54 лет. По социальному статусу большинство заболевших – неработающие или безработные.

В исправительных учреждениях Мурманской области зафиксирована тенденция к снижению заболеваемости. В 2024 г. заболевших выявляли только среди осужденных. Среди подследственных туберкулез с 2021 г. не диагностировали.

Впервые диагностированный туберкулез легких имеют 15 % больных с коморбидной

патологией, у большинства пациентов – это ВИЧ-инфекция.

Основная (51 %) доля заболевших выявлена по обращаемости. В Мурманской области охвачено профилактическими осмотрами 62 % населения, что ниже, чем по СЗФО и РФ. Посмертная диагностика туберкулеза в Мурманской области в среднем составила 5,6 %. Показатель смертности от туберкулеза легких в 2024 г. – 2,1 на 100 тыс. населения.

Сведения об авторах:

Кривенко Ольга Григорьевна – кандидат медицинских наук, заведующий кафедрой клинической медицины, Мурманский арктический университет; Россия, 183038, Мурманск, ул. Коммуны, д. 9; SPIN: 7457-9078; ORCID: 0009-0003-7819-9582; e-mail: krivenkoog@mauniver.ru

Мишанина Людмила Александровна – кандидат биологических наук, директор Медико-биологического института, Мурманский арктический университет; Россия, 183038, Мурманск, ул. Коммуны, д. 9; SPIN: 4125-6613; ORCID: 0000-0001-7672-6439; e-mail: ludapoh@yandex.ru

Чурилова Татьяна Александровна – заместитель главного врача по клинко-экспертной работе, Мурманский областной противотуберкулезный диспансер; Россия, 183034, ул. Адмирала Лобова, д. 12; ORCID: 0009-0007-1010-1517; e-mail: churilovata@mauniver.ru

Закревский Юрий Николаевич – доктор медицинских наук, заведующий кафедрой нормальной физиологии, Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Комиссара Смирнова, д. 12; SPIN: 6283-8010; ORCID: 0000-0003-4195-273x; e-mail: zakrev.sever@bk.ru

Бавтрушева Маргарита Юрьевна – инженер отделения по приему проб, Центр гигиены и эпидемиологии в Мурманской области; Россия, 183038, Мурманск, ул. Коммуны, д. 11; ORCID: 0009-0001-4535-1272; e-mail: rokotovarita@yandex.ru

Полуднякова Людмила Викторовна – кандидат биологических наук, доцент кафедры клинической медицины, Мурманский арктический университет; Россия, 183038, Мурманск, ул. Коммуны, д. 9; SPIN: 8627-7750; ORCID: 0000-0003-1320-9287; e-mail: poludnyakovalv@mauniver.ru

Похольченко Вячеслав Александрович – кандидат технических наук, заведующий кафедрой технологического и холодильного оборудования; Россия, 183010, Мурманск, ул. Спортивная, д. 13; SPIN: 7774-3733; ORCID: 0000-0001-5847-5947; e-mail: pokholchenkova@mauniver.ru

Катышева Марианна Александровна – студентка по специальности 31.05.01 Лечебное дело, Мурманский арктический университет; Россия, 183038, Мурманск, ул. Коммуны, д. 9; ORCID: 0009-0006-4721-055X; e-mail: marlena455@yandex.ru

Information about the authors

Olga G. Krivenko – Dr. of Sci. (Med.), Head of the Department of Clinical Medicine, Murmansk Arctic University; Russia, 183038, Murmansk, Kommuny Str., 9; SPIN: 7457-9078; ORCID: 0009-0003-7819-9582; e-mail: krivenkoog@mauniver.ru

Lyudmila A. Mishanina – Dr. of Sci. (Biol.), Director of the Medical and Biological Institute, Murmansk Arctic University; Russia, 183038, Murmansk, Kommuny Str., 9; SPIN: 4125-6613; ORCID: 0000-0001-7672-6439; e-mail: ludapoh@yandex.ru

Tatiana A. Churilova – Deputy Chief Physician for Clinical and Expert Work, Murmansk Regional TB Dispensary; Russia, 183034, Murmansk, Admiral Lobova Str., 12; ORCID: 0009-0007-1010-1517; e-mail: churilovata@mauniver.ru

Yuriy N. Zakrevsky – Professor of Medicine, Head of the Department of Normal Physiology, S.M. Kirov Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Komissara Smirnova Str., 12; SPIN: 6283-8010; ORCID: 0000-0003-4195-273x; e-mail: zakrev.sever@bk.ru

Margarita Yu. Bavtrusheva – Engineer of the Sample Reception Department, Center for Hygiene and Epidemiology in the Murmansk Region; Russia, 183038, Murmansk, Kommuny Str., 11; ORCID: 0009-0001-4535-1272; e-mail: rokotovarita@yandex.ru

Ludmila V. Poludnyakova – Dr. of Sci. (Biol.), Associate Professor of the Department of Clinical Medicine, Murmansk Arctic University; Russia, 183038, Murmansk, Kommuny Str., 9; SPIN: 8627-7750; ORCID: 0000-0003-1320-9287; e-mail: poludnyakovalv@mauniver.ru

Vyacheslav A. Pokholchenko – Dr. of Sci. (Tech.), Head of the Department of Technological and Refrigeration Equipment; Russia, 183010, Murmansk, Sportivnaya Str., 13; SPIN: 7774-3733; ORCID: 0000-0001-5847-5947; e-mail: pokholchenkova@mauniver.ru

Marianna A. Katysheva – student majoring in 31.05.01 Medical Care, Murmansk Arctic University; Russia, 183038, Murmansk, Kommuny Str., 9; ORCID: 0009-0006-4721-055X; e-mail: marlena455@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 – О. Г. Кривенко, Л. А. Мишанина, Т. А. Чурилова, М. Ю. Бавтрушева, сбор и анализ данных – О. Г. Кривенко, Л. А. Мишанина, Т. А. Чурилова, М. Ю. Бавтрушева,

Ю. Н. Закревский; подготовка рукописи – О. Г. Кривенко, Л. А. Мишанина Л. В. Полуднякова, В. А. Похольченко, М. А. Камышева

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: OGK, LAM, TACH, MYuB contribution to the concept and plan of the study. OGK, LAM, TACH, BMY, YuNZ contribution to data collection. OGK, LAM, LVP, VAP, MAK 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. Исследование выполнено в рамках инициативной НИОКР «Инфекционные болезни и их лабораторная диагностика» №ГР 12501100112-1.

Funding: the study was carried out without additional funding. This research was performed as part of the independent research and development work «Infectious Diseases and Their Laboratory Diagnosis», state registration number 12501100112-1.

Поступила/Received: 24.12.2025

Принята к печати/Accepted: 15.03.2026

Опубликована/Published: 30.03.2026

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Проворова А. А., Смиреникова Е. В., Уханова А. В. Здоровье населения российской Арктики: проблемы, вызовы и пути их решения // *Арктика и Север*. 2024. № 55. С 161–181 [Provorova A. A., Smirennikova E. V., Ukhanova A. V. Health of the Population of the Russian Arctic: Problems, Challenges, and Solutions. *Arctic and North*, 2024, No. 55, pp. 161–181 (In Russ.)]. doi: 10.37482/issn2221-2698.2024.55.161
- Багнетова Е. А., Малюкова Т. И., Болотов С. В. К вопросу об адаптации организма человека к условиям жизни в северном регионе // *Успехи современного естествознания*. 2021. № 4. С. 111–116 [Bagnetova E. A., Malyukova T. I., Bolotov S. V. On the Adaptation of the Human Body to Living Conditions in the Northern Region. *Advances in Modern Natural Sciences*, 2021, No. 4, pp. 111–116 (In Russ.)]. doi: 10.17513/use.37616
- Кривенко О. Г., Чурилова Т. А., Токарева А. Г., Расхожева К. Н., Шевчук А. С. Оценка заболеваемости туберкулезом в Мурманской области. Актуальные вопросы медицины в Арктическом регионе (Мурманск, 10–11 октября 2024 г.), Мурманск, 2025. С 44–49 [Krivenko O. G., Churilova T. A., Tokareva A. G., Raskhozheva K. N., Shevchuk A. S. Assessment of Tuberculosis Incidence in the Murmansk Region. Current Issues in Medicine in the Arctic Region (Murmansk, October 10–11, 2024). Murmansk, 2025. pp. 44–49 (In Russ.)].
- Мкртчян Н. В. Влияние особенностей учета некоторых групп населения на показатели половозрастной структуры населения муниципальных образований России // *Вопросы статистики*. 2022. Т. 29(1). С. 28–43 [Mkrtychyan N. V. The Influence of the Features of Accounting for Certain Population Groups on the Indicators of the Sex-Age Structure of the Population of Municipalities in Russia. *Voprosy Statistiki*, 2022, Vol. 29(1), pp. 28–43 (In Russ.)]. doi: 10.34023/2313-6383-2022-29-1-28-43
- Гуляева Н. А., Кочкорбаева Г. Н., Адамова В. Д. Влияние гендерного фактора на течение инфильтративного туберкулеза (на примере РС(Я)) // *Вестник Северо-Восточного федерального университета имени М. К. Аммосова*. Серия «Медицинские науки. Medical Sciences». 2020. Т. 3. С. 15–20 [Gulyaeva N. A., Kochkorbaeva G. N., Adamova V. D. The Influence of Gender on the Course of Infiltrative Tuberculosis (on the Example of RS(y)). *Vestnik of North-Eastern Federal University*, 2020, Vol. 3, pp. 15–20 (In Russ.)]. doi: 10.25587/SVFU.2020.20.3.001
- Берсенева Е. А., Потехаев Н. Н., Новожилова О. Л. Заболеваемость трудовых мигрантов (обзор). Санкт-Петербург, 11 января 2018 года. Санкт-Петербург. 2018. С 32–36 [Berseneva E. A., Potekaev N. N., Novozhilova O. L. Morbidity of Labor Migrants (Review). Current Issues in Medicine in Modern Conditions. St. Petersburg, January 11, 2018. St. Petersburg, 2018, pp. 32–36 (In Russ.)].
- Бавтрушева М. Ю., Мишанина Л. А. Анализ заболеваемости туберкулезом в зависимости от социальной категории населения Мурманской области. АрктикБиоМед (Мурманск, 20 марта 2025 года). Мурманск. 2025. С 21–26 [Bavtrushcheva M. Yu. Mishanina L. A. Analysis of Tuberculosis Incidence Depending on the Social Category of the Population in the Murmansk Region. *ArcticBioMed* (Murmansk, March 20, 2025), Murmansk, 2025, pp. 21–26 (In Russ.)].
- Пономарёв С. Б., Михайлова Ю. В., Стерликов С. А., Михайлов А. Ю., Панкова Я. Ю. Заболеваемость социально значимыми инфекционными заболеваниями в пенитенциарных учреждениях Российской Федерации в 2010–2023 гг. // *Социальные аспекты здоровья населения [сетевое издание]*. 2024. Т. 70(3). С. 12 [Ponomaryov S. B., Mikhailova Yu. V., Sterlikov S. A., Mikhailov A. Yu., Pankova Ya. Yu. Incidence of socially significant infectious diseases in penitentiary institutions of the Russian Federation in 2010–2023. *Social Aspects of Public Health [online publication]*, 2024, Vol. 70(3), p. 12 (In Russ.)]. doi: 10.21045/2071-5021-2024-70-3-12
- Стерликов С. А., Белиловский Е. М., Пономарев С. Б., Постольник Г. А. Эпидемическая ситуация по туберкулезу в учреждениях Федеральной службы исполнения наказаний Российской Федерации // *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики*. 2018. № 4. С. 1–21 [Sterlikov S. A., Belilovsky E. M., Ponomarev S. B., Postolnik G. A. The Epidemic Situation of Tuberculosis in the Institutions of the Federal Penitentiary Service of the Russian Federation. *Modern Problems of Healthcare and Medical Statistics*, 2018, No. 4, pp. 1–21 (In Russ.)].
- Ванюшина О. В. Обзор эпидемической ситуации по туберкулезу среди лиц, содержащихся в учреждениях УИС в 2022 году (по данным форм ведомственного статистического наблюдения) // *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики*. 2024. № 1. С 379–399 [Vanyushina O. V. Overview of the Epidemic Situation of

- Tuberculosis among Persons Detained in Penitentiary Institutions in 2022 (Based on Departmental Statistical Forms). *Modern Problems of Healthcare and Medical Statistics*, 2024, No. 1, pp. 379–399 (In Russ.).
11. Пономарев С. Б., Вострукнутов М. Е., Стерликов С. А., Аверьянова Е. Л., Панкова Я. Ю. Анализ эпидемической ситуации и эффективности мероприятий по противодействию возникновению и распространению туберкулеза в учреждениях ФСИН России // *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики*. 2024. № 1. С. 962–991 [Ponomarev S. B., Vostrukutov M. E., Sterlikov S. A., Averyanova E. L., Pankova Ya. Yu. Analysis of the Epidemic Situation and the Effectiveness of Measures to Counter the Emergence and Spread of Tuberculosis in the Institutions of the Federal Penitentiary Service of Russia. *Modern Problems of Healthcare and Medical Statistics*, 2024, No. 1, pp. 962–991 (In Russ.)]. doi: 10.24412/2312-2935-2024-1-962-991
 12. Боботина Н. А., Меньшова О. Н. Эпидемиологические аспекты заболеваемости туберкулезом в Российской Федерации // *Наука молодых*. 2023. Т.11. № 4. С 519–534 [Bobotina N. A., Menshova O. N. Epidemiological Aspects of Tuberculosis Incidence in the Russian Federation. *Science of the Young*, 2023, Vol. 11, No. 4, pp. 519–534 (In Russ.)]. doi: 10.23888/HMJ2023114519-534.
 13. Бабаева И. Ю., Арзуманян К. А., Дряева Е. Е., Мурадян М. М., Пешкова Д. О., Черская Е. А Особенности течения туберкулеза легких у больных сахарным диабетом в современных условиях // *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики*. 2024. № 2. С. 1–18 [Babaeva I. Yu., Arzumanyan K. A., Dryaeva E. E., Muradyan M. M., Peshkova D. O., Cherskaya E. A. Features of the Course of Pulmonary Tuberculosis in Patients with Diabetes Mellitus in Modern Conditions. *Modern Problems of Healthcare and Medical Statistics*, 2024, No. 2, pp. 1–18 (In Russ.)].
 14. Ивануса С. Я., Лазуткин М. В., Шершень Д. П., Елисеев А. В., Бояринов Д. Ю., Щербаков Н. В. Роль микролитиаза в патогенезе билиарного панкреатита // *Клиническая патофизиология*. 2016. Т. 22. № 4. С. 26–32. [Ivanusa S. Ya., Lazutkin M. V., Shershen D. P., Eliseev A. V., Boyarinov D. Yu., Shcherbakov N. V. The role of microlithiasis in the pathogenesis of biliary pancreatitis. *Clinical pathophysiology*, 2016, Vol. 22, No. 4, pp. 26–32 (In Russ.)].
 15. Маркелов Ю. М., Щеголева Л. В. Оценка клинико-экономической эффективности и влияния массовых флюорографических осмотров на эпидемиологические показатели по туберкулезу в четырех федеральных округах РФ с различным уровнем охвата флюорографическими осмотрами населения // *Туберкулез и болезни легких*. 2023. Т. 101(1). С. 8 [Markelov Yu. M., Shchegoleva L.V. Assessment of the clinical and economic efficiency and impact of mass fluorographic examinations on the epidemiological indicators of tuberculosis in four federal districts of the Russian Federation with different levels of coverage of the population by fluorographic examinations. *Tuberculosis and Lung Diseases*, 2023, Vol. 101(1), pp. 8 (In Russ.)]. doi: 10.58838/2075-1230-2023-101-1-8-16

Ваш Доктор 1 — путь к здоровью и красоте!

Медицинский центр «Ваш Доктор №1» приглашает вас позаботиться о своем здоровье и внешности. Мы предлагаем широкий спектр услуг, направленных на поддержание здоровья зубов и эстетического совершенства кожи лица и тела.



Стоматология

Современное оборудование и передовые технологии позволяют нам решать любые проблемы полости рта, начиная профилактическим осмотром и заканчивая сложными реставрациями.

Косметология

Наши специалисты используют инновационные методы лечения лазером Fotona, а также проводят аппаратную и инъекционную косметологию, обеспечивая быстрый видимый эффект омоложения и улучшения качества кожи.



**Посетите медицинский центр «Ваш Доктор №1»,
где мы вернем вашей улыбке сияние, а коже — молодость!**

ООО "ВАШ ДОКТОР 1" ЛИЦЕНЗИЯ Л041-01163-51/00336603 ОТ 09.12.2019

ИМЕЮТСЯ ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ. НЕОБХОДИМА КОНСУЛЬТАЦИЯ СПЕЦИАЛИСТА.

Ваш Доктор - заботимся о вас и вашем здоровье!

Медицинский центр «Ваш Доктор» предлагает широкий спектр медицинских услуг для всей семьи. Здесь работают опытные врачи, которые используют современные методы диагностики и лечения.

Гинекология

Профессиональная консультация и лечение гинекологических проблем женщин любого возраста. Современные методики диагностики и терапии позволяют быстро выявить заболевания и подобрать оптимальное лечение.

УЗИ- диагностика

Высокоточные исследования всех внутренних органов и систем организма. Опытные специалисты проводят обследование с использованием новейшего оборудования, обеспечивая максимальную точность результатов.

Травматология

Лечение различных видов травм и заболеваний опорно-двигательной системы. Врачи-травматологи используют передовые технологии восстановления функций суставов и костей, помогая пациентам вернуться к активной жизни.

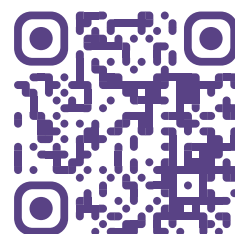
Неврология

Диагностика и эффективное лечение нарушений нервной системы и заболеваний позвоночника. Наши неврологи применяют инновационные подходы, облегчающие состояние пациентов и способствующие быстрому восстановлению здоровья.

Ботулинотерапия

Терапевтическое применение ботулотоксина для лечения головных болей, спастичности мышц и других неврологических симптомов.

**Доверяйте своё здоровье профессионалам
медицинского центра «Ваш Доктор»!**



ООО "ВАШ ДОКТОР" ЛИЦЕНЗИЯ Л041-01163-51/00318218 ОТ 26.12.2017

ИМЕЮТСЯ ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ. НЕОБХОДИМА КОНСУЛЬТАЦИЯ СПЕЦИАЛИСТА.

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

УДК 616.831.9-002.1:616.94

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ МЕНИНГОКОКЦЕМИИ У ВЗРОСЛОГО: ОТ ПЕРВЫХ СИМПТОМОВ ДО ПОЛИОРГАННОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

¹А. А. Ненашева*, ¹К. А. Липатенкова, ²И. В. Щепина, ¹О. В. Самодова, ¹О. Ю. Леонтьева¹ Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск, Россия² Архангельская областная клиническая больница, г. Архангельск, Россия

В статье представлен клинический случай, демонстрирующий молниеносное, катастрофическое течение генерализованной менингококковой инфекции, осложнившейся септическим шоком и закончившейся летальным исходом, несмотря на госпитализацию в специализированный стационар и комплексную интенсивную терапию. Анализ особенностей течения заболевания подчеркивает критическую важность настороженности врачей первичного звена в отношении менингококковой инфекции у пациентов с фебрильной лихорадкой до появления геморрагической сыпи. Наиболее эффективной мерой предотвращения подобных исходов является специфическая профилактика инфекции.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, менингококковая инфекция, менингококцемия, клинический случай, вакцинопрофилактика

*Для корреспонденции: Ненашева Анастасия Андреевна, e-mail: a.a.nenasheva@yandex.ru

*For correspondence: Anastasia A. Nenasheva, e-mail: a.a.nenasheva@yandex.ru

Для цитирования: Ненашева А. А., Липатенкова К. А., Щепина И. В., Самодова О. В., Леонтьева О. Ю. Клинический случай менингококцемии у взрослого: от первых симптомов до полиорганной недостаточности // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 1. С. 153–156, EDN: <https://elibrary.ru/JJSIZR>

For citation: Nenasheva A. A., Lipatenkova K. A., Shchepina I. V., Samodova O. V., Leontyeva O. Yu. Clinical case of meningococemia in adult: from first symptoms to multiple organ failure // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 1. P. 153–156, EDN: <https://elibrary.ru/JJSIZR>

CLINICAL CASE OF MENINGOCOCCEMIA IN ADULT: FROM FIRST SYMPTOMS TO MULTIPLE ORGAN FAILURE

¹Anastasia A. Nenasheva*, ¹Ksenia A. Lipatenkova, ²Irina V. Shchepina, ¹Olga V. Samodova,¹Olga Yu. Leontyeva¹ Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia² Arkhangelsk Regional Clinical Hospital, Arkhangelsk, Russia

This article presents a clinical case demonstrating the fulminant, catastrophic progression of generalized meningococcal infection, complicated by septic shock and resulting in death, despite hospitalization in a specialized hospital and comprehensive intensive care. An analysis of the disease's characteristics highlights the critical importance of primary care physicians' awareness of meningococcal infection in patients with febrile fever before the onset of a hemorrhagic rash. The most effective measure for preventing such outcomes is specific infection prophylaxis.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, meningococcal infection, meningococemia, clinical case, vaccination

Введение. Менингококковая инфекция (МИ) – антропонозное заболевание, вызываемое *Neisseria meningitidis*, преимущественно ин- капсулированными штаммами серогрупп А, В, С, W, Y. Менингококковая инфекция сохраняет свою актуальность в связи с тяжелым, часто

© 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>

молниеносным течением, высоким риском летального исхода и развитием инвалидизирующих осложнений [1]. Непредсказуемый характер, быстрое прогрессирование клинических симптомов и сложность выявления заболевания в начальном периоде по причине преобладания неспецифической симптоматики определяют необходимость своевременной диагностики инфекции и оказания неотложной помощи [2]. До появления характерной сыпи клиническая диагностика генерализованной МИ чрезвычайно сложна, особенно при отсутствии возможности динамического наблюдения и оценки лабораторных данных на догоспитальном этапе. Тем более что первым осматривает пациента не инфекционист, а врач первичного звена здравоохранения – терапевт, педиатр, врач скорой медицинской помощи, для которых типичный портрет менингококковой инфекции – это сочетание лихорадки с геморрагической сыпью и менингеальными симптомами [3]. Именно сложности своевременной клинической диагностики генерализованной менингококковой инфекции на догоспитальном этапе являются основной причиной задержки с оказанием неотложной помощи пациенту, что значительно увеличивает риск неблагоприятного исхода.

Заболеваемость генерализованными формами МИ (ГФМИ) в Российской Федерации в 2024 г. составила 0,47 случаев на 100 тыс. населения (694 случая) и не превысила среднемирового показателя – 0,57 на 100 тыс. населения [4]. Вместе с тем сохранился высокий уровень летальности, достигший в 2024 г. в РФ 15 %¹. В Архангельской области отмечено снижение показателей заболеваемости с 0,37 на 100 тыс. населения в 2023 г. до 0,10 на 100 тыс. населения в 2024 г., что ниже общероссийского показателя². Однако редкость патологии является одной из причин снижения настороженности практикующих врачей в отношении менингококковой инфекции, что приводит к несвоевременной диагностике и ухудшению прогноза заболевания.

Представленный клинический случай демонстрирует особенности течения генерализованной менингококковой инфекции с молни-

еносным развитием рефрактерного к терапии септического шока.

Описание клинического случая. Заболевание у пациента манифестировало остро, в 13:00, с фебрильной лихорадки до 40,0 °С и появления вялости. При осмотре участковым врачом-терапевтом по месту жительства был поставлен диагноз: острая респираторная вирусная инфекция, и рекомендован прием противовирусного препарата (Умифеновир) и жаропонижающих (Парацетамол). Анализ эпидемиологических данных позволил установить, что пациент вернулся из заграничного отпуска, был длительный перелет и нахождение в месте скопления людей (аэропорт).

В ночь на 2-е сутки заболевания, в 00:00, появилась розовая сыпь на конечностях. В течение 2 ч сыпь приобрела геморрагический характер. Был отмечен эпизод жидкого стула, что послужило поводом для вызова бригады скорой медицинской помощи и экстренной госпитализации в инфекционный стационар с предварительным диагнозом «Лихорадка неясного генеза».

При поступлении в стационар в 04:20 состояние было расценено как тяжелое, обусловленное септическим шоком (по SOFA 6 баллов). При общем осмотре отмечались артериальная гипотензия (АД 85/45 мм рт. ст.) и распространенная геморрагическая сыпь на туловище и конечностях разного размера – от точечных петехий до крупных экхимозов, склонная к слиянию. Сознание оставалось ясным (15 баллов по шкале комы Глазго). Установлен предварительный диагноз: «Менингококцемия. Септический шок». Пациент госпитализирован в отделение реанимации, начата экстренная противошоковая и антибактериальная терапия Цефтриаксоном.

В течение 1-го дня госпитализации (2-й день болезни) состояние ухудшилось: увеличилось количество и размер элементов сыпи, появились экхимозы в области локтевых суставов. Отмечена олигурия. Неврологический статус прогрессивно ухудшался: через 14 ч от момента госпитализации появилось угнетение сознания и речевой функции (по ШКГ 8 баллов), пациент переведен на искусственную вентиляцию легких (ИВЛ).

¹О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2024 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Архангельск, 2025. доступ 24.11.2025 <https://www.rosпотребнадзор.ru/documents/>.

²О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Архангельской области в 2023 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Архангельск, 2024. 161 с, доступ 24.11.2025 <https://29.rosпотребнадзор.ru/directions/monitoring/>

Лабораторно отмечен высокий уровень креатинина до 215 мкмоль/л (норма 71–115 мкмоль/л) (СКФ 40,31 мл/мин/1,73 м²), прокальцитонина до 94,2 нг/мл (норма 0,00–0,50 нг/мл), С-реактивного белка до 124,9 мг/л (норма 0,00–5,00 мг/л), повышение лактатдегидрогеназы (ЛДГ) до 457 Ед/л (норма 0,00–450,00 ед/л).

На 2-е сутки госпитализации в крови была обнаружена ДНК *Neisseria meningitidis* методом полимеразной цепной реакции. При проведении типирования выявленного возбудителя, верифицирован серовар группы А. В связи с нарастающей почечной недостаточностью (креатинин 488 мкмоль/л; СКФ 17,76 мл/мин/1,73 м²) на 3-й день госпитализации был начат гемодиализ. К 5-м суткам заболевания олигурия сменилась стойкой анурией, появились периферические отеки и пастозность лица. Элементы сыпи начали бледнеть с признаками некроза в центре, особенно в области суставов. Со стороны сердечно-сосудистой системы зафиксирована фибрилляция предсердий, отмечался значительный подъем кардиоспецифичных маркеров (тропонин I достиг 2019 нг/л), что свидетельствовало о тяжелом поражении миокарда. Отмечено дальнейшее ухудшение функции почек: креатинин увеличился до 531 мкмоль/л; СКФ 16,32 мл/мин/1,73 м²; по шкале органной дисфункции SOFA 11 баллов.

С 6-го по 9-й день болезни, несмотря на проводимую комплексную интенсивную терапию, включающую инфузионную терапию, коррекцию ДВС-синдрома, инотропную поддержку, антибактериальную терапию (Цефтриаксон был заменен на Меропенем), гемодиализ, состояние пациента прогрессивно ухудшалось. Сохранялась высокая лихорадка, анурия, отмечена повторно фибрилляция предсердий с тахисистолией (ЧСС желудочков до 143 уд/мин). Лабораторные показатели отражали критическую полиорганную дисфункцию на фоне сепсиса: креатинин достиг 570 мкмоль/л (СКФ 15,20 мл/мин/1,73 м²), уровень прокальцитонина превысил 100 нг/мл, оценка по шкале SOFA составила 12 баллов.

На 10-е сутки заболевания (9-е сутки госпитализации) зафиксирована смерть пациента. Патологоанатомическое исследование подтвердило заключительный диагноз, полностью совпавший с клиническим. Смерть наступила от рефрактерного септического шока на фоне генерализованной менингококковой инфекции. Морфологически выявлены классические про-

явления менингококкового сепсиса: синдром Уотерхауса–Фридериксена (массивные геморрагические инфаркты надпочечников), картина ДВС-синдрома с распространенным тромбозом микрососудов, острый тубулярный некроз почек, диффузный гнойный менингит и шоковые изменения в паренхиматозных органах.

Заключение. Представленный клинический случай генерализованной менингококковой инфекции подтвердил необходимость актуализации знаний врачей первичного звена здравоохранения в отношении диагностики менингококковой инфекции. Манифестация неспецифического интоксикационного синдрома в виде вялости и лихорадки была основной причиной трудности диагностики генерализованной менингококковой инфекции для участкового терапевта, что в свою очередь способствовало задержке начала антибактериальной терапии. Появление патогномичной геморрагической сыпи через 11 ч от дебюта заболевания типично для менингококкового сепсиса, при котором сыпь может появиться и на 2-е сутки заболевания [5]. Важное значение имеет включение менингококковой инфекции в дифференциально-диагностический ряд при осмотре пациентов с гипертермией и выраженной интоксикацией при отсутствии других клинических симптомов. Рекомендации врача амбулаторной практики для пациентов и их законных представителей в этом случае должны включать динамический контроль за состоянием кожных покровов (цвет, сыпь) и обозначение так называемых «красных флагов» генерализованных инфекций, которыми в случае менингококцемии будет в том числе появление пятнистой или пятнисто-папулезной сыпи с локализацией в первые часы болезни преимущественно на нижних конечностях³.

Необходимость повторного обращения за медицинской помощью, задержка с оказанием специализированной медицинской помощи, все эти факторы уменьшают временное окно терапевтических возможностей при ГФМИ и являются обоснованием целесообразности специфической профилактики инфекции.

³Менингококковая инфекция у детей. Клинические рекомендации. 2023. Доступ 24.11.2025 <https://cr.minzdrav.gov.ru/directory/classificationcr>

Сведения об авторах

Ненашева Анастасия Андреевна – студент 5-го курса лечебного факультета, Северный государственный медицинский университет; Россия, 163069, г. Архангельск, пр-т Троицкий, д. 51; ORCID: 0009-0001-0822-1006; e-mail: a.a.nenasheva@yandex.ru

Липатенкова Ксения Антоновна – студент 5-го курса лечебного факультета, Северный государственный медицинский университет; Россия, 163069, г. Архангельск, пр-т Троицкий, д. 51; ORCID: 0009-0000-7846-2908; e-mail: ksenialipatenkova@yandex.ru

Щепина Ирина Валентиновна – кандидат медицинских наук, заведующий Центром инфекционных болезней, Архангельская областная клиническая больница; Россия, 163045, г. Архангельск, пр-т Ломоносова, д. 292; доцент кафедры инфекционных болезней, Северный государственный медицинский университет; Россия, 163069, г. Архангельск, пр-т Троицкий, д. 51; ORCID: 0009-0009-2939-7316; e-mail: schepinaiv@aokb.ru

Самодова Ольга Викторовна – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой инфекционных болезней, Северный государственный медицинский университет; Россия, 163069, г. Архангельск, пр-т Троицкий, д. 51; ORCID: 0000-0002-6730-6843; e-mail: ovsamodova@mail.ru

Леонтьева Ольга Юрьевна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры инфекционных болезней, Северный государственный медицинский университет; Россия, 163069, г. Архангельск, пр-т Троицкий, д. 51; ORCID: 0000-0002-1733-191X; e-mail: lou1956@yandex.ru

Information about the authors

Anastasia A. Nenasheva – 5th year Student, Faculty of Medicine, Northern State Medical University; Russia, 163069, Arkhangelsk, Troitsky Ave., 51; ORCID: 0009-0001-0822-1006; e-mail: a.a.nenasheva@yandex.ru

Ksenia A. Lipatenkova – 5th year Student, Faculty of Medicine, Northern State Medical University; Russia, 163069, Arkhangelsk, Troitsky Ave., 51; ORCID: 0009-0000-7846-2908; e-mail: ksenialipatenkova@yandex.ru

Irina V. Schepina – Cand. of Sci. (Med.), Head of the Center for Infectious Diseases, Arkhangelsk Regional Clinical Hospital; Russia, 163045, Arkhangelsk, Lomonosov Ave., 292; Associate Professor of the Department of Infectious Diseases; Northern State Medical University; Russia, 163069, Arkhangelsk, Troitsky Ave., 51; ORCID: 0009-0009-2939-7316; e-mail: schepinaiv@aokb.ru

Olga V. Samodova – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Infectious Diseases, Northern State Medical University; Russia, 163069, Arkhangelsk, Troitsky Ave., 51; ORCID: 0000-0002-6730-6843; e-mail: ovsamodova@mail.ru

Olga Yu. Leonteva – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Infectious Diseases, Northern State Medical University; Russia, 163069 Arkhangelsk, Troitsky Ave., 51; ORCID: 0000-0002-1733-191X; e-mail: lou1956@yandex.ru

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

Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция и план описания клинического случая – А. А. Ненашева, К. А. Липатенкова, И. В. Щепина, сбор данных – О. Ю. Леонтьева, И. В. Щепина, анализ данных и выводы – О. В. Самодова, А. А. Ненашева, подготовка рукописи – А. А. Ненашева, К. А. Липатенкова, И. В. Щепина, О. В. Самодова.

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: AAN, KAL, IVShch the concept and plan of the clinical case description. OYuL, IVShch data collection. OVS, AAN data analysis and conclusions. AAN, KAL, IVShch, OVS preparation of the manuscript.

Финансирование. Авторы не имеют финансовой заинтересованности и конфликта интересов в представленных материалах или методах.

Funding. No author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors stated that there is no potential conflict of interest.

Поступила/Received: 28.11.2025

Принята к печати/Accepted: 15.03.2026

Опубликована/Published: 30.03.2026

ЛИТЕРАТУРА/ REFERENCES

1. Nadel S., Ninis N. Invasive Meningococcal Disease in the Vaccine Era. *Frontiers in Pediatrics*, 2018, Vol. 6, P. 321. doi: 10.3389/fped.2018.00321. PMID: 30474022; PMCID: PMC6237846.
2. Baloch A., Dussart C., Bedouch P., Carrouel F., Mick G. Epidemiology and Clinical Burden of Meningococcal Disease in France: Scoping Review. *Journal of Clinical Medicine*, 2023, Vol. 12, No. 3, P. 849. doi: 10.3390/jcm12030849.
3. Granier S., Owen P., Stott N. C. Recognizing meningococcal disease: the case for further research in primary care. *British Journal of General Practice*, 1998, Vol. 48, No. 429, pp. 1167–1171.
4. Жданов К. В., Коваленко А. Н., Чирский В. С., Гусев Д. А., Наливкина Н. А., Цинзерлинг В. А., Григорьев С. Г., Хайрутдинова Р. А., Исаков А. Н., Шарабханов В. В. Анализ летальных исходов менингококковой инфекции у взрослых // *Терапевтический архив*. 2022. Т. 94, № 1. С. 1252–1256 [Zhdanov K. V., Kovalenko A. N., Chirskii V. S., Gusev D. A., Nalivkina N. A., Tsinzerling V. A., Grigoriev S. G., Khairutdinova R. A., Isakov A. N., Sharabkhanov V. V. Analysis of lethal outcomes of meningococcal infection in adults. *Therapeutic archive*, 2022, Vol. 94, No. 1, pp. 1252–1256 (In Russ.)]. doi: 10.26442/00403660.2022.11.201931
5. Самодова О. В., Гордиенко Т. А., Иванова Л. В., Кригер Е. А. Генерализованная менингококковая инфекция у детей Архангельской области: предикторы неблагоприятного течения и исхода в разные периоды наблюдения // *Журнал инфектологии*. 2024. Т. 16, № 3. С. 80–89 [Samodova O. V., Gordienko T. A., Ivanova L. V., Kriger E. A. Generalized meningococcal infection in children of the Arkhangelsk region: predictors of adverse course and outcome in different periods of observation. *Journal of Infectology*, 2024, Vol. 16, No. 3, pp. 80–89 (In Russ.)]. doi:10.22625/2072-6732-2024-16-3-80-89

Уважаемые коллеги!

**29 мая 2026 года в г. Санкт-Петербурге в Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова
состоится XII Всероссийская научно-практическая конференция
«БАРОТЕРАПИЯ В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ
И РЕАБИЛИТАЦИИ РАНЕНЫХ, БОЛЬНЫХ И ПОРАЖЕННЫХ»**

Основные направления работы конференции

1. Теоретические и прикладные вопросы использования методов баротерапии при лечении и реабилитации раненых, больных и пораженных.
2. Состояние и перспективы развития гипербарической физиологии и водолазной медицины.
3. Актуальные вопросы физиологии труда лиц, работающих в субэкстремальных и экстремальных условиях деятельности.
4. Медицинское обеспечение аварийно-спасательных работ на море.

Документация по конференции будет представлена в Комиссию по оценке учебных мероприятий и материалов для размещения на портале непрерывного медицинского и фармацевтического образования России в качестве образовательного мероприятия.

Заявка на участие в конференции в виде «Регистрационной карты участника» должна быть направлена в оргкомитет на электронную почту vmeda-nio@mil.ru с пометкой «Конференция по баротерапии».

Статьи на конференцию необходимо представлять в журнал «Морская медицина» в соответствии с требованиями, опубликованными на сайте <https://seamed.elpub.ru/jour>, до 10 мая 2026 года и на электронную почту vmeda-nio@mil.ru.

Место проведения конференции:

194044, Санкт-Петербург, улица Академика Лебедева, дом 6.

Контактные лица:

Андрусенко Андрей Николаевич, тел. +7 (900) 647-08-65,
Шитов Арсений Юрьевич, тел. +7 (911) 707-87-80.



МОБИЛЬНЫЙ ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ICL MED

ICL Med - предназначен для удаленного скрининга состояния здоровья пациента, включающий, приемы, проведение диспансеризации и профмедосмотра (Приказ МЗ РФ №404н), проведение телеконсультаций, предрейсовый и предсменный осмотры (Приказ МЗ РФ №266)

Содержит оборудование функциональной, лабораторной и лучевой диагностики

Комплект оборудования:

- ЭКГ
- Анализатор на сахар и холестерин
- Тонومتر
- Спирометр
- Анализатор мочи
- Измеритель глазного давления
- Пульсоксиметр
- Биохимический анализатор
- Гематологический анализатор
- Отоскоп
- Портативный УЗИ
- Палатный флюорограф

Состав:

- Защищенное мобильное рабочее место врача
 - Ноутбук ICL
 - ОС Linux ФСТЭК
 - СЗИ
- Видеоконференцсвязь
- Программное обеспечение ICLMed
- Комплект медоборудования (Тип1, Тип2, Тип3)
- Защищенный кейс
- Формирование протокола осмотра, формы 025/у, формы 131/у

РЗН 2023/19528 от 08.02.2023

