



ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР МОРСКОЙ КОЛЛЕГИИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Научно-практический  
рецензируемый журнал

ISSN 2413-5747 (print)

ISSN 2587-7828 (online)

# Морская Медицина Marine Medicine

Том 11

2025

№ 4



## ВЫБОР РЕДАКЦИИ

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА  
ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ  
ОРГАНИЗМА ВОЕННОСЛУЖАЩИХ  
ФЛОТА: АДАПТАЦИОННЫЕ  
ВОЗМОЖНОСТИ СЕРДЕЧНО-  
СОСУДИСТОЙ, ЦЕНТРАЛЬНОЙ  
НЕРВНОЙ И ДРУГИХ СИСТЕМ  
В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Бобаков Н. В., Савинцев Н. Л.,  
Абдурахманов Н. Р., Ганапольский В. П.,  
Кутелев Г. Г., Тюрюпов М. С.

стр. 7–19

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ  
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ  
МЕДИЦИНСКИХ РЕСУРСОВ  
В БОЛЬНИЦАХ В УСЛОВИЯХ  
ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ  
В ОБЛАСТИ ОБЩЕСТВЕННОГО  
ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Чжан Лулу

стр. 20–27

В период с 17 по 19 ноября 2025 г. делегация военно-медицинского управления Военно-Морского Флота России под руководством **Мосягина И.Г.** осуществила визит в Исламскую Республику Пакистан. В соответствии с программой визита делегация приняла участие в международной конференции (32 страны-участницы, включая участников в онлайн-формате) по военно-морской медицине, организованной главным управлением медицинской службы военно-морских сил Пакистана.



Участники научно-практической конференции по военно-морской медицине



Выступление главы Российской делегации И.Г. Мосягина с докладом



Доклад полковника медицинской службы С. А. Кузнецова



Обсуждение взаимодействия по морской медицине между главами



Передача журнала «Морская медицина» начальнику военно-морского госпиталя ВМС Пакистана



Передача пакистанской стороне символики Главного командования Военно-Морского Флота Российской Федерации



Передача российской стороне символики медицинского департамента ВМС Пакистана

# 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, Военный учебно-научный центр Военно-Морского Флота  
«Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова»,  
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](mailto:marinemedicine@yandex.ru)



Том 11  
2025 No4



## ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ

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

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

## ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

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

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



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), Military Educational and Scientific Center of the Navy  
«Naval Academy named after Admiral of the Fleet of the Soviet Union N.G. Kuznetsova»  
(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](mailto:marinemedicine@yandex.ru)



Vol. 11  
2025 No 4

## EDITORIAL BOARD

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

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

## ADVISORY BOARD

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

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

## Содержание

### ОБЗОР

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА ВОЕННОСЛУЖАЩИХ ФЛОТА: АДАПТАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ, ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ И ДРУГИХ СИСТЕМ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ .....	7
<i>Бобаков Н. В., Савинцев Н. Л., Абдурахманов Н. Р., Гананольский В. П., Кутелев Г. Г., Тюрюпов М. С.</i>	

### ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ РЕСУРСОВ В БОЛЬНИЦАХ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ В ОБЛАСТИ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ .....	20
<i>Чжан Лулу</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МУЛЬТИПЛЕКСНОЙ ДЕТЕКЦИИ ПАТОГЕНОВ: ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ .....	28
<i>Ши Ивэй, Фан Лэтянь, Цао Гуанвэнь</i>	
РАЗРАБОТКА РУССКОЯЗЫЧНОЙ ВЕРСИИ ОПРОСНИКА ОЦЕНКИ СКЛОННОСТИ К РИСКУ EVAR .....	39
<i>Смагина Е. Е., Кузнецова Е. В., Лукашов В. В.</i>	
РИСК РАЗВИТИЯ ЛАТЕНТНОГО ЖЕЛЕЗОДЕФИЦИТА У ДОНОРОВ КРОВИ (КОМПОНЕНТОВ КРОВИ): ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ .....	49
<i>Гришина Г. В., Ласточкина Д. В., Бессмельцев С. С.</i>	
ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ УЧАСТИЯ В БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЯХ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ: РЕТРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ .....	60
<i>Дорофеев И. И., Марченко И. В., Прокопьев М. С., Днов К. В., Чернявский Е. А., Юсупов В. В., Ятманов А. Н.</i>	
МНОГОЛЕТНИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОБСТОЯТЕЛЬСТВ И ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТРАВМ У ВОЕННОСЛУЖАЩИХ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В МИРНОЕ ВРЕМЯ .....	72
<i>Евдокимов В. И., Хомянец В. В., Мосягин И. Г., Сиващенко П. П., Григорьев С. Г., Локтионов П. В.</i>	
ПРИЗЕМНЫЙ ОЗОН КАК ВОЗМОЖНЫЙ ФАКТОР РИСКА НЕОТЛОЖНЫХ СОСТОЯНИЙ СИСТЕМЫ ГЕМОДИНАМИКИ У ЖИТЕЛЕЙ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА .....	81
<i>Евстафьева Е. В., Прокопенко Н. А., Лапченко В. А.</i>	
ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕДИЦИНСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ СОТРУДНИКОВ ОРГАНОВ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ УСЛОВИЯХ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ: ОПИСАТЕЛЬНОЕ ПОПЕРЕЧНОЕ ЭМПИРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ .....	90
<i>Иванов Н. М., Ичитовкина Е. Г., Соловьев А. Г.</i>	
ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕЛЕМЕДИЦИНСКИХ КОМПЛЕКСОВ В МОРСКИХ УСЛОВИЯХ .....	98
<i>Куприянов С. А., Минаев Н. В., Сатаев Р. В., Локтионов Д. В.</i>	
ВЛИЯНИЕ ВЫТЯЖЕНИЯ ПОЗВОНОЧНОГО СТОЛБА НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ОПЕРАТОРОВ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ: РЕТРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ .....	105
<i>Седов А. В., Сапожников К. В., Парфенов С. А., Соченко В. В.</i>	
ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ВНЕШНИЕ СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКИЕ ПРИЗНАКИ ХАРАКТЕРА СМЕРТИ ОТ ОБЩЕГО ГЛУБОКОГО ПЕРЕОХЛАЖДЕНИЯ: РЕТРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ .....	116
<i>Чудаков А. Ю., Закревский Ю. Н., Толмачев И. А., Де Нат С., Гананольский В. П.</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ПРОФИЛЕЙ РИСКА И МЕДИКО-САНИТАРНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ МОРСКИХ ТЕРРОРИСТИЧЕСКИХ АКТОВ .....	125
<i>Шуленин Н. С., Лемешкин Р. Н., Мавренков Э. М., Горичный В. А.</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ПОДХОДОВ К ОБРАБОТКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕСТОВОЙ КАРТЫ САН: ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ / ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ. СООБЩЕНИЕ 1. ОБЩИЕ СВОЙСТВА И ВЕКТОРНЫЙ ПОДХОД .....	139
<i>Мызников И. Л., Rogovanov Д. Ю.</i>	
<b>КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ</b>	
СЛУЧАЙ ГРУППОВОГО ЗАБОЛЕВАНИЯ COVID-19 НА БОРТУ ТОРГОВОГО ОКЕАНСКОГО СУДНА .....	146
<i>Логунов К. В.</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

### REVIEW

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE FUNCTIONAL STATE OF NAVY SERVICEMEN'S BODY: ADAPTATION CAPABILITIES OF CARDIOVASCULAR, CENTRAL NERVOUS AND OTHER SYSTEMS IN EXTREME CONDITIONS .....	7
<i>Bobakov N. V., Savintsev N. L., Abdurakhmanov N. R., Ganapolsky V. P., Kutelev G. G., Tyuryupov M. S.</i>	

### ORIGINAL ARTICLES

RESEARCH ON THE TECHNICAL EFFICIENCY OF MEDICAL RESOURCES IN HOSPITALS OF PUBLIC HEALTH EMERGENCIES .....	20
<i>Lulu Zhang</i>	
APPLICATION OF MULTIPLEX PATHOGEN DETECTION TECHNOLOGY: ACHIEVEMENTS AND PROSPECTS.....	28
<i>Shi Yiwei, Fang Letian, Cao Guangwen</i>	
DEVELOPMENT OF RUSSIAN-LANGUAGE VERSION OF EVAR RISK ASSESSMENT QUESTIONNAIRE.....	39
<i>Smagina E. E., Kuznetsova E. V., Lukashov V. V.</i>	
RISK OF DEVELOPING LATENT IRON DEFICIENCY IN BLOOD (BLOOD COMPONENT) DONORS: ORIGINAL ARTICLE .....	49
<i>Grishina G. V., Lastochkina D. V., Bessmeltsev S. S.</i>	
PSYCHOLOGICAL CONSEQUENCES OF PARTICIPATION IN COMBAT OPERATIONS AND EMERGENCY RESPONSIBILITIES: A RETROSPECTIVE STUDY.....	60
<i>Dorofeev I.I., Marchenko I.V., Prokopyev M.S., Dnov K.V., Chernyavsky E.A., Yusupov V.V., Yatmanov A.N.</i>	
LONG-TERM INDICATORS OF CIRCUMSTANCES AND CAUSES OF INJURIES AMONG PERSONNEL OF ARMED FORCES OF RUSSIAN FEDERATION IN PEACETIME.....	72
<i>Evdokimov V. I., Khominets V. V., Mosyagin I. G., Sivashchenko P. P., Grigoriev S. G., Loktionov P. V.</i>	
GROUND-LEVEL OZONE AS A POTENTIAL RISK FACTOR FOR EMERGENCY HEMODYNAMIC CONDITIONS IN RESIDENTS OF THE SOUTHERN COAST OF CRIMEA.....	81
<i>Evstafieva E. V., Prokopenko N. A., Lapchenko V. A.</i>	
PRIORITY DIRECTIONS FOR IMPROVING MEDICAL SUPPORT FOR EMPLOYEES OF INTERNAL AFFAIRS BODIES OF RUSSIAN FEDERATION IN EMERGENCY CONDITIONS OF PROFESSIONAL ACTIVITIES: DESCRIPTIVE CROSS-CROSS-CASE EMPIRICAL STUDY .....	90
<i>Ivanov N. M., Ichitovkina E. G., Soloviev A. G.</i>	
POSSIBILITIES OF USING TELEMEDICINE SYSTEMS IN MARINE CONDITIONS.....	98
<i>Kupriyanov S. A., Minaev N. V., Sataev R. V., Loktionov D. V.</i>	
EFFECT OF SPINAL EXTENSION ON FUNCTIONAL STATUS OF MARINE EQUIPMENT OPERATORS: RETROSPECTIVE STUDY .....	105
<i>Sedov A. V., Sapozhnikov K. V., Parfenov S. A., Sochenko V. V.</i>	
APPROXIMATE EXTERNAL FORENSIC SIGNS OF DEATH FROM GENERALIZED PROFOUND HYPOTHERMIA: RESTROSPECTIVE STUDY .....	116
<i>Chudakov A. Yu., Zakrevsky Yu. N., Tolmachev I. A., De Nat S., Ganapolsky V. P.</i>	
APPLICATION OF CLUSTER ANALYSIS OF RISK PROFILES AND HEALTH CONSEQUENCES OF MARITIME TERRORIST ACTS.....	125
<i>Shulenin N. S., Lemeshkin R. N., Mavrenkov E. M., Gorichny V. A.</i>	
APPLICATION OF NEW APPROACHES TO PROCESSING THE RESULTS OF "SAN" TEST CARD: DIAGNOSTIC / PROGNOSIS STUDIES. REPORT 1. GENERAL PROPERTIES AND VECTOR APPROACH.....	139
<i>Myznikov I. L., Rogovanov D. Yu.</i>	

### CLINICAL CASE

CLUSTER CASE OF COVID-19 ON BOARD MERCHANT OCEAN VESSEL.....	146
<i>Logunov K. V.</i>	

## ОБЗОР/REVIEW

УДК: 57.087.1:613.6.02

doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-7-19>**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ  
ОРГАНИЗМА ВОЕННОСЛУЖАЩИХ ФЛОТА: АДАПТАЦИОННЫЕ  
ВОЗМОЖНОСТИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ, ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ  
И ДРУГИХ СИСТЕМ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ**

*Н. В. Бобаков, Н. Л. Савинцев, Н. Р. Абдурахманов, В. П. Гананольский,  
Г. Г. Кутелев, М. С. Тюрюпов\**

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

**ВВЕДЕНИЕ.** Служба на флоте сопряжена с экстремальными нагрузками: психоэмоциональным стрессом, изоляцией, неблагоприятными климатическими условиями (особенно в Арктике) и гипоксией. Эти факторы нарушают вегетативный баланс, провоцируют срыв адаптационных механизмов и повышают риск развития сердечно-сосудистых и цереброваскулярных патологий. Сохранение функционального состояния (ФС) личного состава — ключевая задача военно-морской медицины.

**ЦЕЛЬ.** Систематизировать данные о компенсаторно-приспособительных реакциях сердечно-сосудистой, дыхательной систем и церебральной гемодинамики у военнослужащих флота, а также оценить эффективность методов коррекции ФС в условиях службы.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Проведен систематический анализ 48 исследований (1998–2023 гг.) из PubMed, Scopus, eLibrary.ru, Web of Science, Cochrane Library, КиберЛенинка. Использованы следующие ключевые слова и их комбинации на русском и английском языках: вариабельность сердечного ритма / heart rate variability (HRV), капнография / capnography, морская медицина / marine medicine, военно-морская медицина / military naval medicine, функциональное состояние / functional state, адаптация / adaptation, стресс / stress, экстремальные условия / extreme environments, моряки / sailors, военнослужащие флота / naval personnel, церебральная гемодинамика / cerebral hemodynamics, реоэнцефалография / rheoencephalography (REG), арктический рейс / arctic voyage, коррекция функционального состояния / functional state correction.

Критерии включения: оценка ФС у моряков в условиях походов; использование вариабельности сердечного ритма (BCP); капнографии (PetCO<sub>2</sub>); реоэнцефалографии (РЭГ); данные о динамике адаптации.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** Авторами отмечен ряд закономерностей в изменении показателей центральной и периферической гемодинамики, а также газового состава крови. При BCP снижение парасимпатической активности (RMSSD: с 43,1 до 27,2 мс; pNN50: с 4,4 до 3,2 %;  $p < 0,05$ ) и рост симпатикотонии (LF/HF: с 3,4 до 3,7 Гц; VLF: + 91 % у новобранцев) в длительных походах. В группе с коррекцией ФС (электростимуляция, БОС-тренинг) сохранен вегетативный баланс (RMSSD = 43 мс; pNN50 = 20,3 %;  $p = 0,01$ ). Капнография: гиперкапния (PetCO<sub>2</sub> > 48 мм рт. ст.) к концу 4-месячных рейсов против нормализации при 2-месячных ( $p = 0,05$ ). Церебральная гемодинамика (РЭГ): снижение пульсового наполнения мозга на 30–40 %, замедление венозного оттока (ПВО > 30 % при норме < 20 %;  $p = 0,015$ ). Арктические условия повышают жесткость артерий (cfPWV + 15 %;  $p < 0,01$ ). Транскраниальная стимуляция блуждающего нерва улучшает BCP (HF + 24 %;  $p = 0,03$ ).

**ОБСУЖДЕНИЕ.** На основании поисково-аналитической работы выделены перспективные предикторы дезадаптации, к которым можно отнести симпатикотонию ( $\uparrow$ LF/HF,  $\downarrow$ RMSSD) — маркер психоэмоционального стресса; гиперкапнию — следствие стресс-индуцированной гиповентиляции; цереброваскулярные нарушения ( $\uparrow$ сосудистый тонус,  $\downarrow$ PI на РЭГ) — риск когнитивного снижения. Оптимальная длительность рейсов —  $\leq 2$  мес. Эффективны методы коррекции: БОС-тренинг, неинвазивная стимуляция nVNS, комбинированные программы (когнитивно-поведенческая терапия (КПТ) + дыхательные практики).

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Проведенный анализ подтверждает, что служба на флоте, особенно в условиях длительных походов, Крайнего Севера и Арктики, представляет собой комплексный экстремальный стрессор для организма военнослужащих. Поэтому перспективным направлением является включение в комплекс обследования по отбору кандидатов мероприятий, направленных на оценку адаптационного резерва (BCP + стресс-тесты); мониторинг ФС в рейсах (BCP, PetCO<sub>2</sub>, пульсоксиметрия); внедрение коррекционных программ: nVNS, биологическая обратная связь (БОС), КПТ. Не

© Авторы, 2025. 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>

менее важной является задача по активному накоплению опыта в изучении долгосрочных эффектов службы с целью разработки протоколов прогнозирования рисков.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** морская медицина, вариабельность сердечного ритма, церебральная гемодинамика, капнография, функциональное состояние, коррекция

\*Для корреспонденции: Тюрюпов Марк Сергеевич, e-mail: mark.tfyuryupov@icloud.com

\*For correspondence: Mark S. Tyuryupov, e-mail: mark.tfyuryupov@icloud.com

**Для цитирования:** Бобаков Н. В., Савинцев Н. Л., Абдурахманов Н. Р., Гананольский В. П., Кутелев Г. Г., Тюрюпов М. С. Комплексная оценка функционального состояния организма военнослужащих флота: адаптационные возможности сердечно-сосудистой, центральной нервной и других систем в экстремальных условиях // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 4 С. 7–19, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-7-19>; EDN: <https://elibrary.ru/DYJMRC>

**For citation:** Bobakov N. V., Savintsev N. L., Abdurakhmanov N. R., Ganapolsky V. P., Kutelev G. G., Tyuryupov M. S. Comprehensive assessment of the functional state of navy servicemen's body: adaptation capabilities of cardiovascular, central nervous and other systems in extreme conditions // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, No. 4. P. 7–19, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-7-19>; EDN: <https://elibrary.ru/DYJMRC>

## COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE FUNCTIONAL STATE OF NAVY SERVICEMEN'S BODY: ADAPTATION CAPABILITIES OF CARDIOVASCULAR, CENTRAL NERVOUS AND OTHER SYSTEMS IN EXTREME CONDITIONS

*Nikolai V. Bobakov, Nikita L. Savintsev, Nazhmutdin R. Abdurakhmanov,  
Vyacheslav P. Ganapolsky, Gennadii G. Kutelev, Mark S. Tyuryupov\**  
Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

**INTRODUCTION.** Naval service is associated with extreme stress: psycho-emotional stress, isolation, adverse climatic conditions (especially in the Arctic), and hypoxia. These factors disrupt the autonomic balance, provoke a breakdown of adaptive mechanisms, and increase the risk of developing cardiovascular and cerebrovascular pathologies. Maintaining the functional state (FS) of personnel is a key task of naval medicine.

**OBJECTIVE.** To systematize data on compensatory-adaptive reactions of the cardiovascular, respiratory systems and cerebral hemodynamics in naval servicemen, and also to evaluate the effectiveness of methods for correcting FS in service conditions.

**MATERIALS AND METHODS.** A systematic analysis of 48 studies (1998–2023) from PubMed, Scopus, eLibrary.ru, Web of Science, Cochrane Library, and CyberLeninka was conducted. The following keywords and their combinations in Russian and English were used: heart rate variability (HRV), capnography, marine medicine, military naval medicine, functional state, adaptation, stress, extreme environments, sailors, naval personnel, cerebral hemodynamics, rheoencephalography (REG), arctic voyage, functional state correction.

Inclusion criteria: assessment of FS in sailors during expeditions; use of heart rate variability (HRV); capnography (PetCO<sub>2</sub>); rheoencephalography (REG); data on the adaptation dynamics.

**RESULTS.** The authors noted a number of patterns in changes in central and peripheral hemodynamic parameters, as well as blood gas composition. With HRV, a decrease in parasympathetic activity (RMSSD: from 43.1 to 27.2 ms; pNN50: from 4.4 to 3.2%;  $p < 0.05$ ) and an increase in sympatheticotonia (LF/HF: from 3.4 to 3.7 Hz; VLF: + 91% in recruits) during long hikes. In the group with FS correction (electrical stimulation, biofeedback training), vegetative balance was maintained (RMSSD = 43 ms; pNN50 = 20.3%;  $p = 0.01$ ). Capnography: hypercapnia (PetCO<sub>2</sub> > 48 mmHg) by the end of 4-month cruises versus normalization at 2-month ones ( $p = 0.05$ ). Cerebral hemodynamics (REG): decreased cerebral pulse filling by 30–40%, slower venous outflow (PVO > 30% with the norm < 20%;  $p = 0.015$ ). Arctic conditions increase arterial stiffness (cfPWV + 15%;  $p < 0.01$ ). Transcranial vagus nerve stimulation improves HRV (HF + 24%;  $p = 0.03$ ).

**DISCUSSION.** Based on exploratory and analytical work, promising predictors of maladaptation were identified, which include sympatheticotonia (↑LF/HF, ↓RMSSD) - a marker of psychoemotional stress; hypercapnia - a consequence of stress-induced hypoventilation; cerebrovascular disorders (↑vascular tone, ↓RI on REG) - the risk of cognitive decline. The optimal duration of flights is ≤ 2 months. Effective correction methods: biofeedback training, non-invasive stimulation nVNS, combined programs (cognitive behavioral therapy (CBT) + breathing practices).

**CONCLUSION.** The analysis confirms that naval service, especially during long-term deployments in the Far North and Arctic, poses a complex and extreme stressor for military personnel. Therefore, a promising approach is to include measures aimed at assessing adaptive capacity (HRV + stress tests) in the candidate selection screening package; monitoring physical fitness during deployments (HRV, PetCO<sub>2</sub>, pulse oximetry); and implementing corrective programs such as nVNS, biofeedback (BFB), and cognitive behavioral therapy. Equally important is the task of actively accumulating experience in studying the long-term effects of service in order to develop risk prediction protocols.

**KEYWORDS:** marine medicine, maritime medicine, heart rate variability, cerebral hemodynamics, capnography, functional



state, correction

**Введение.** Профессиональная деятельность военнослужащих, вне зависимости от специфики географического региона или оперативных условий, сопряжена с повышенным риском возникновения заболеваний и сокращения профессионального долголетия. Особенно это актуально для Военно-Морского Флота Российской Федерации (ВМФ), где экстремальность рабочей среды экипажа во время выхода в море определяется комплексом факторов: длительной изоляцией, психоэмоциональными перегрузками, постоянной потенциальной угрозой жизни, воздействием неблагоприятных климатических условий (особенно в арктических широтах), качкой, специфическим микроклиматом корабельных помещений [1-3]. Данное сочетание может индуцировать срыв компенсаторно-приспособительных механизмов до возвращения корабля в пункт базирования, приводя к дестабилизации физиологического гомеостаза и формированию предпатологических состояний или хронических заболеваний, преимущественно кардиоваскулярной и центральной нервной систем (ЦНС) [1, 4-10].

Автономность кораблей во многом ограничена адаптивностью экипажа: условия Крайнего Севера и длительных морских походов предъявляют столь экстремальные требования к организму, что временные рамки пребывания личного состава без существенного риска утраты бое- и работоспособности существенно сокращаются [2, 11]. Ключом к сохранению как здоровья моряков, так и длительности, и безаварийности плавания является возможность оперативной адаптации к новым, зачастую агрессивным, экзогенным факторам в сжатые сроки [3, 12]. В этой связи первостепенное значение приобретает комплексная проблема оптимизации отбора кандидатов для службы в подобных условиях, основанного на оценке индивидуальных резервов резистентности организма, разработки эффективных методов динамического контроля и коррекции функционального состояния (ФС) военнослужащих в ходе несения боевой службы [13-15].

Важнейшими индикаторами адаптационного потенциала признаны параметры, отражающие активность нейровегетативной регуляции, в первую очередь реактивность сердечно-сосудистой (ССС) и дыхательной систем [16-20]. Рядом исследователей [12, 21, 22] внесен зна-

чительный вклад в понимание фундаментальных механизмов формирования устойчивости к периодическим и хроническим экстремальным воздействиям, тем не менее комплексная теория, описывающая закономерности и пределы компенсаторного ответа организма на совокупность стрессоров морской службы, а также точки приложения и оптимальные режимы проведения коррекционно-восстановительных мероприятий, остаются предметом активного научного поиска [23, 24].

**Цель.** Систематизировать современные научные данные, полученные в ходе исследований компенсаторно-приспособительных реакций сердечно-сосудистой, дыхательной систем и церебральной гемодинамики у военнослужащих, проходящих службу на флоте, с акцентом на динамику функционального состояния в различных условиях несения службы (длительность походов, климатогеографические зоны, применение коррекционных мероприятий), и предложить пути внедрения результатов релевантных исследований в систему медико-физиологического обеспечения профессиональной деятельности экипажей.

**Материалы и методы.** Для достижения поставленной цели был проведен систематический анализ научной литературы на глубину 25 лет (1998–2023). Поиск релевантных публикаций осуществляли в международных (PubMed, Scopus, Web of Science, Cochrane Library) и российских (eLibrary.ru, КиберЛенинка) базах данных. Использовали следующие ключевые слова и их комбинации на русском и английском языках: вариабельность сердечного ритма / heart rate variability (HRV), капнография / capnography, морская медицина / marine medicine, военно-морская медицина / military naval medicine, функциональное состояние / functional state, адаптация / adaptation, стресс / stress, экстремальные условия / extreme environments, моряки / sailors, военнослужащие флота / naval personnel, церебральная гемодинамика / cerebral hemodynamics, реоэнцефалография / rheoencephalography (REG), арктический рейс / arctic voyage, коррекция функционального состояния / functional state correction.

Критерии включения: сравнительные исследования (когортные, случай–контроль, интервенционные), обзоры, мета-анализы; предмет исследования – оценка функционального состо-

нения (ФС), сердечно-сосудистой (ССС) и дыхательной системы, церебральной гемодинамики у военнослужащих ВМФ в условиях службы; наличие количественных данных; публикация в рецензируемых журналах.

Критерии не включения: исследования на животных, дублирующие публикации, статьи без полнотекстового доступа, публикации с методологическими недостатками, нерелевантные исследования, статьи, написанные на языке, отличном от английского и русского.

Первичный поиск выявил 8270 публикаций. После анализа заголовков, аннотаций, а затем и полных текстов на соответствие критериям включения, в финальный обзор вошли 48 публикаций.

## Результаты

### 1. Оценка сердечно-сосудистой системы и ее вклад в ФС

В настоящее время у исследователей имеется огромный арсенал методик изучения ФС.

Одной из первых ССС реагирует на изменения среды работы оператора и является наиболее чувствительным индикатором адаптивно-приспособительных реакций организма [4,25,26]. Еще в 1967 г. В. В. Парин выдвинул концепцию определения ССС как универсального индикатора реактивности всего организма [27].

Методы исследования ССС делятся на две большие группы: исследование гемодинамики и анализ вариабельности сердечного ритма.

#### **Вариабельность сердечного ритма (ВСР) как ключевой маркер адаптации и стресса**

Вариабельность сердечного ритма общепризнана как высокоинформативный неинвазивный метод оценки вегетативной регуляции сердечной деятельности, отражающий баланс симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, функциональные резервы и адаптационные возможности организма [16, 28, 29]. В исследованиях на флоте применяется анализ временных (геометрических) и спектральных (частотных) показателей ВСР.

#### **Временные показатели ВСР**

*SDNN (мс)*: стандартное отклонение всех нормальных интервалов NN (кардиоинтервалов). Интегральный показатель общей вариабельности, отражающий суммарный эффект

вегетативных влияний на синусовый узел. Снижение SDNN свидетельствует о преобладании симпатического тонуса и снижении адаптационного резерва [16, 30]. В условиях морского похода наблюдается тенденция к снижению SDNN, особенно в его начале и при длительных сроках.

*RMSSD (мс)*: квадратный корень из среднего значения квадратов разностей последовательных NN-интервалов. Чувствительный индикатор парасимпатической (вагусной) активности. Высокие значения RMSSD ассоциированы с лучшей способностью к восстановлению после стресса [16, 31]. У адаптированных экипажей RMSSD, как правило, выше в начале похода по сравнению с новичками (44,45 мс vs 39,97 мс;  $p = 0,05$ ) [22]. Группа, получавшая внутрипоходную коррекцию ФС, демонстрировала сохранение RMSSD на исходном уровне (43 мс) в отличие от контрольной группы (снижение) [21].

*pNN50 (%)*: доля кардиоинтервалов, отличающихся от соседних более чем на 50 мс. Также отражает парасимпатическую активность [17]. Снижение pNN50 в динамике рейса указывает на усиление симпатикотонии и напряжение адаптации [23].

#### **Спектральные показатели ВСР**

*TP (мс<sup>2</sup>)*: общая мощность спектра. Отражает суммарную активность нейругуморальных влияний на ритм сердца [17, 32].

*HF (мс<sup>2</sup>, %)*: мощность в высокочастотном диапазоне (0,15–0,4 Гц). Парасимпатический компонент регуляции, связанный с дыхательными движениями (дыхательная аритмия) [16,33]. Снижение HF – маркер стресса и напряжения адаптации.

*LF (мс<sup>2</sup>, %)*: мощность в низкочастотном диапазоне (0,04–0,15 Гц). Отражает барорефлекторную активность и считается смешанным показателем (симпатическая активность + модулирующее влияние вагуса) [17, 34]. Повышение LF часто интерпретируется как рост симпатического тонуса.

*VLF (мс<sup>2</sup>, %)*: мощность в очень низкочастотном диапазоне (0,003–0,04 Гц). Связывается с активностью симпатической нервной системы, гуморально-метаболическими влияниями (ренин-ангиотензиновая система, терморегуляция) и, возможно, эндотелиальной функцией [17, 30]. Значительное повышение VLF у новичков к концу рейса (с 56 362 до 108 063 мс<sup>2</sup>;

$p = 0.01$ ) при стабильном HF указывает на выраженное усиление симпатикотонии и снижение адаптационных возможностей [35].

**LF/HF:** соотношение мощностей LF и HF. Используется как индекс симпатовагального баланса. Повышение свидетельствует о сдвиге баланса в сторону симпатического преобладания [10, 26]. Рост LF/HF к концу длительных (4-месячных) походов (с 2,48 до 3,7 Гц;  $p = 0,05$ ) подтверждает развитие симпатикотонии [35].

**Индекс централизации (IC):**  $(VLF + LF) / HF$ . Отражает степень централизации управления ритмом сердца. Повышение IC свидетельствует о доминировании центральных (надсегментарных) механизмов регуляции над автономными (сегментарными), что характерно для состояния стресса и напряжения адаптации [32]. Снижение IC к концу 2-месячного рейса (с 0,1875 до 0,03) по сравнению с менее выраженным снижением в 4-месячном (до 0,11) указывает на лучшую адаптацию при меньшей длительности похода [21].

Сводные показатели по ВСР у моряков указаны в таблице.

**Психоэмоциональный стресс и переменность ритма.** Работа V. P. Williams и соавт. (ВМС США) [36] продемонстрировала, что субъективно оцениваемый уровень стресса у моряков в длительном походе сильно коррелировал со снижением HF-мощности ВСР и повышением LF/HF ratio независимо от физической нагрузки. Это подчеркивает доминирующую роль психоэмоционального фактора в вегетативном дисбалансе.

### **Церебральная гемодинамика: влияние условий службы**

Исследование А. В. Онищенко [25] с использованием реоэнцефалографии (РЭГ) выявило значимые изменения показателей мозгового кровотока у военнослужащих атомного крейсера.

**Снижение объемного пульсового кровенаполнения (реографический индекс – РИ)** зафиксировано во всех группах к концу исследования, но наиболее выражено в условиях дальнего плавания ( $Fms = 0,55$ ;  $Fmd = 0,57$ ;  $Oms = 0,37$ ;  $Omd = 0,38$ ;  $p = 0,02$ ), что значительно ниже референтных значений ( $Fm$  1,20–1,60 у.е.;  $Om$  1,0–1,40 у.е.). Это указывает на снижение притока артериальной крови к мозгу.

**Увеличение продолжительности фазы быстрого наполнения (а, сек).** В море значения

достигали:  $Fms = 0,21$ ,  $Fmd = 0,18$ ,  $Oms = 0,18$ ,  $Omd = 0,21$  ( $p < 0,02$ ), превышая норму (0,09–0,11 сек). Это свидетельствует о замедлении артериального притока, обусловленном повышенным тонусом мозговых сосудов, что подтверждалось анализом составляющих волны и ростом сосудистых индексов.

**Изменение сосудистых индексов.** Дикротиический индекс (ДИК, %): повышение выше нормы ( $Fm = 50–65$  %;  $Om = 55–70$  %) во всех группах (например, в море  $Fms = 83$  %;  $Fmd = 78$  %), указывающее на увеличение периферического сопротивления мозговых сосудов. Диастолический индекс (ДИА, %): значительное повышение (например, в море  $Fms = 140$  %;  $Fmd = 126$  %), отражающее ухудшение венозного оттока и повышение тонуса вен.

### **Нарушение венозного оттока (ПВО, %)**

Наиболее выраженное затруднение венозного оттока наблюдалось в группе дальнего плавания ( $Fms = 32,0$ ;  $Fmd = 30,0$ ;  $Oms = 36,0$ ;  $Omd = 32,0$ ;  $p = 0.015$ ), где значения существенно превышали норму ( $< 20$  %). Это создает риск венозного застоя и гипоксии мозга.

Выявленные изменения РЭГ-показателей (снижение притока, повышение сосудистого тонуса и сопротивления, затруднение венозного оттока) являются характерными признаками начальных проявлений цереброваскулярной недостаточности у моряков в условиях длительных походов. Основной патогенетический механизм – нарушение нейрогенной и гуморальной регуляции сосудистого тонуса под воздействием хронического стресса и экстремальных факторов среды [36]. L. Chen и соавт. [37], использовавшие транскраниальную доплерографию (ТКД) у экипажей надводных кораблей в Южно-Китайском море, также выявили снижение средней скорости кровотока в средних мозговых артериях (СМА) и повышение пульсационного индекса (ПИ) к концу 3-месячного похода, коррелирующее с субъективными жалобами на утомляемость и головные боли, что подтверждает данные РЭГ о нарушении церебральной перфузии и повышении сосудистого сопротивления.

### **Влияние холодного климата Арктики на СССР**

Исследование I. B. Johansen и соавт. [38] норвежских военных моряков, несущих службу в Арктике, показало, что хроническое воздей-



Таблица

**Сводные показатели variability сердечного ритма у моряков в различных условиях службы (на основе анализа [18, 21, 22] и обобщения данных)**

Table

**Summary indicators of heart rate variability among seafarers in various conditions of service (based on the analysis of [18, 21, 22] and data synthesis)**

Показатель BCP	Среднее значение перед рейсом	Группа при 4-месячном плавании (конец)	Группа при 2-месячном плавании (конец)	Группа с коррекцией ФС (конец) [11]	Комментарий / Физиологическая интерпретация
RRNN (мс)	801,75	805,65	796,3	<b>905,38</b>	Удлинение RRNN в группе коррекции указывает на усиление парасимпатических влияний (ваготония)
SDNN (мс)	59,135	48,81 ↓	50,8 ↓	<b>58,92</b>	Снижение SDNN в плавающих группах – признак снижения общей variability и адаптационного резерва Сохранение SDNN в группе коррекции
RMSSD (мс)	43,075	31,96 ↓	27,16 ↓	<b>43,0</b>	Снижение RMSSD – маркер ослабления парасимпатического тонуса Стабильность RMSSD в группе коррекции
pNN50 (%)	4,445	3,16 ↓	3,41 ↓	<b>20,27 ↑</b>	Резкое снижение pNN50 в плавающих группах – усиление симпатикотонии Значительный рост pNN50 в группе коррекции – эффективность мер
IC	0,1875	0,11 ↓	<b>0,03 ↓</b>	-	Снижение IC – уменьшение централизации управления ритмом Более выражено при 2-месячной адаптации
VLF (%)	96,12	95,94	97,32	-	Высокие значения VLF характерны для длительных воздействий
LF (%)	2,9	2,82	2,11 ↓	-	Снижение LF (%) может указывать на изменение спектрального баланса при адаптации/напряжении
HF (%)	1,62	1,25 ↓	0,57 ↓	-	Снижение HF (%) – маркер ослабления парасимпатической активности и стресса
LF/HF ratio	3,4225	2,25 ↓?	<b>3,7 ↑</b>	-	Противоречивая динамика (↓ при 4 мес ↑ при 2 мес) требует учета абсолютных мощностей Рост LF/HF при 2 мес – симпатикотония

*Примечание:* Стрелки (↑/↓) указывают направление динамики показателя относительно значений перед рейсом или между группами (группа коррекции vs контроль). Жирным шрифтом выделены наиболее благоприятные значения в группе коррекции

*Note:* The arrows (↑/↓) indicate the direction of the indicator's dynamics relative to the values before the flight or between groups (correction group vs control). The most favorable values in the correction group are highlighted in bold

ствие экстремального холода ассоциировано со значительным увеличением жесткости артерий (оценка по скорости пульсовой волны – cfPWV) и повышением систолического артериального давления в покое по сравнению с контрольной группой, несшей службу в умеренном климате. Авторы связывают это с хронической вазоконстрикцией и активацией симпатoadреналовой системы.

### ***Роль оксида азота (NO) и эндотелиальной функции***

J. M. Gonzalez и соавт. (Испания) [39] выявили, что у моряков после 6-месячной миссии в условиях изоляции и стресса наблюдалось снижение уровня стабильных метаболитов NO в плазме крови и ухудшение эндотелий-зависимой вазодилатации (по тесту с реактивной гиперемией – RH-PAT), что коррелировало с повышением уровня маркеров окислительного стресса. Это указывает на роль эндотелиальной дисфункции как одного из механизмов негативного влияния службы на ССС.

### ***Рефрактерность функционального состояния***

В работах И. Л. Мызникова и соавт. [40, 41] показано, что на фоне автономного похода и снижения метаболической активности организма проявляются свойства относительной рефрактерности как психического, так и функционального состояний. Данный процесс можно рассматривать с позиции сохранения устойчивого реагирования организма при утомлении и переутомлении.

### ***Аритмогенные эффекты морской качки и гипоксии***

В работе R. Malakauskienė [18] отметила высокую распространенность эктопической активности миокарда у 36 % моряков в условиях морской качки. Важно, что экстрасистолия (желудочковая и наджелудочковая в равной пропорции) возникала на фоне структурно неизмененного миокарда, что указывает на функциональный, а не органический характер аритмий, вероятно, связанный с вегетативным дисбалансом и стрессом. Более поздние исследования подтверждают роль гипоксии, особенно на подводных лодках как дополнительного фактора аритмогенеза. J. Smith и соавт. [42], изучавшие моряков-подводников в длительном походе, зафиксировали статистически значимое увеличение частоты

суправентрикулярных экстрасистол и эпизодов несинусового ритма во время погружений по сравнению с периодом базовой подготовки, коррелирующее с умеренным снижением сатурации кислорода (SpO<sub>2</sub> на 2–4 %).

Исследования Ю. Р. Ханкевича и соавт. показывают, что негативное влияние на ФС моряков начинается еще на берегу и связано с психоэмоциональным стрессом предпоходового периода [36].

## **2. Оценка центральной нервной системы**

Одним из популярных методов исследования ЦНС среди ученых является электроэнцефалография (ЭЭГ).

Анализ электроэнцефалограммы является, хотя и сложным, но точным методом оценки функционального состояния и адаптационного потенциала моряков. Ряд ученых предложили индексы, рассчитываемые на основе базовых показателей ЭЭГ, упрощающие диагностический поиск. Так, оценка постоянства потенциала головного мозга, или омега-метрия, рассмотренная в исследованиях И. Л. Мызникова и Ф. А. Щербины [9], показала не только высокую точность в оценке компенсаторно-приспособительных реакций центральной нервной системы, но и позволила подтвердить важный аспект физиологии морского труда, что полной адаптации к выходу в море не наступает. А. В. Онищенко и соавт. [4] выявили, что на фоне дальнего похода дизадаптация регуляции кровоснабжения головного мозга у операторов может проходить с уменьшением перфузии.

**Оценка функционального состояния по скорости и точности сенсомоторных реакций.** Коллективом авторов [43] показана высокая чувствительность и специфичность использования времени простой и сложной сенсомоторных реакций для оценки как степени утомления, так и качества послепоходовых коррекционно-восстановительных мероприятий.

## **3. Другие системы, вносящие весомый вклад в оценку ФС**

### ***Адаптация кардиореспираторной системы: роль длительности рейса и капнографии***

Исследования А. Н. Ишекова и соавт. [21, 22] подчеркивают значение длительности похода и уровня подготовки экипажа:

*Длительность рейса (4 мес против 2 мес)* [19]. Анализ ВСП и капнографических показателей ( $\text{PetCO}_2$  – давление конца выдоха  $\text{CO}_2$ ) показал, что к концу 2-месячного арктического рейса у моряков наблюдались признаки адаптации: снижение гиперкапнии ( $\text{PetCO}_2$  с 38,41 до 42,53 мм рт. ст.;  $p = 0.05$ ), тенденция к росту парасимпатических влияний (снижение  $\text{pNN50}$ , но интерпретируемое авторами в контексте других показателей как адаптивное). В 4-месячном рейсе к концу срока регистрировалось усиление симпатикотонии (рост  $\text{LF/HF ratio}$ , тенденция к росту  $\text{pNN50}$  как симпатического индикатора в данном контексте) и нарастание гиперкапнии ( $\text{PetCO}_2$  до 48,08 мм рт. ст.), что свидетельствует о срыве адаптации и развитии утомления. Это указывает на существование временного предела эффективной адаптации в экстремальных условиях Арктики.

*Уровень подготовки экипажа* [22]. Опытные моряки демонстрировали лучшие исходные показатели парасимпатического тонуса ( $\text{RMSSD}$  44,45 мс vs 39,97 мс у новичков;  $p = 0,05$ ) и меньший прирост симпатической активности ( $\text{VLF}$ ) к концу рейса по сравнению с новичками, у которых  $\text{VLF}$  увеличился почти вдвое, что свидетельствует о выраженном стрессе и дезадаптации у последних. Капнография ( $\text{PetCO}_2$ ) является ценным инструментом для оценки адекватности вентиляции и тканевого дыхания, напрямую связанного с метаболическими потребностями и стрессовой реакцией [44]. Гиперкапния, наблюдаемая в начале рейсов [21], отражает гиповентиляцию, характерную для стрессовых состояний. Персистирующая или нарастающая гиперкапния – неблагоприятные прогностические признаки.

В то же время, зная механизмы ухудшения функционального состояния моряков и правильно определив точку приложения, можно в кратчайшие сроки и с наилучшими результатами начать проводить коррекционные мероприятия. Так, в исследовании Ю. Р. Ханкевича и соавт. [17] продемонстрирована эффективность комплекса внутрипоходовых мероприятий по коррекции ФС у операторов глубоководных технических средств. Применение курса, включавшего транскраниальную электростимуляцию, аутотренинг с биологической обратной связью (БОС) по тону сосуда и фоторитмостимуляцию в режиме релаксации, у основной группы ( $n = 13$ ) при-

вело к следующим результатам по сравнению с контрольной группой ( $n = 25$ ).

*Индекс функциональных изменений (ИФИ).* В основной группе исходно фиксировалось напряжение адаптации ( $\text{ИФИ} = 2,89 \pm 0,12$  балла). К концу похода отмечена положительная динамика ( $2,78 \pm 0,11$ ), хотя и не достигшая уровня удовлетворительной адаптации. В контрольной группе наблюдалась негативная динамика (с  $2,54 \pm 0,06$  до  $2,65 \pm 0,08$  баллов;  $p = 0,01$  между группами в динамике).

*Показатели ВСП.* Группа коррекции показала увеличение вклада парасимпатического звена регуляции (рост  $\text{pNN50}$  до 20,27 %; сохранение  $\text{RMSSD}$  на уровне 43 мс; увеличение средней продолжительности R–R интервала до  $807,68 \pm 26,04$  мс vs  $911,85 \pm 41,54$  мс в контроле;  $p = 0.05$ ), что свидетельствовало о лучшей способности к восстановлению и меньшем напряжении регуляторных систем. Это исследование подтверждает, что целенаправленное воздействие на нейровегетативную регуляцию способно нивелировать негативное влияние факторов похода на CCC, предотвращая срыв адаптации.

Еще в одном исследовании S. Lee и соавт. (Южная Корея) [20] проведено рандомизированное контролируемое исследование на экипажах боевых кораблей, которое показало превосходство комбинированной программы (дыхательные упражнения с БОС по  $\text{HRV} + \text{КПТ}$  для управления стрессом) над отдельными компонентами в плане нормализации показателей ВСП (рост  $\text{SDNN}$ ,  $\text{RMSSD}$ ,  $\text{HF}$ ), снижения уровня кортизола слюны и улучшения когнитивных тестов на внимание и рабочую память после 8-недельного похода.

**Обсуждение.** Полученные результаты однозначно свидетельствуют о том, что длительные морские походы являются мощным стрессорным фактором, приводящим к выраженному напряжению компенсаторно-приспособительных механизмов организма. Выявленные изменения носят комплексный характер и затрагивают ключевые системы регуляции.

Дисбаланс вегетативной нервной системы, проявляющийся в сдвиге симпатовагального баланса в сторону симпатикотонии, является центральным звеном дезадаптации. Снижение парасимпатической активности ( $\text{RMSSD}$ ,  $\text{pNN50}$ ) и рост централизации управления ритмом ( $\text{IC}$ ,  $\text{VLF}$ ) прямо коррелируют с психоэмо-



циональным стрессом, что подтверждается исследованием V. P. Williams и соавт. [45]. Данный вегетативный дисбаланс выступает основным патогенетическим механизмом, запускающим каскад нарушений: от изменения периферического сосудистого сопротивления и артериальной жесткости (как показано в Арктике I. B. Johansen и соавт. [38]) до функциональных аритмий.

Нарушения церебральной гемодинамики, выявленные с помощью РЭГ и ТКД, являются закономерным следствием данного дисбаланса. Повышение тонуса мозговых сосудов, снижение артериального притока и затруднение венозного оттока создают картину начальной цереброваскулярной недостаточности, что субъективно проявляется утомляемостью и головными болями. Важную роль в этом играет эндотелиальная дисфункция, подтвержденная снижением уровня оксида азота (NO) и нарушением вазодилатации [39], что связывает вегетативные и сосудистые расстройства.

Противоречивая динамика некоторых показателей (например, LF/HF) подчеркивает нелинейный характер адаптационных процессов и указывает на существование временного «порога» эффективной компенсации, по достижении которого развивается утомление, что особенно явно прослеживается при сравнении 2- и 4-месячных рейсов.

Выявленная высокая эффективность комплексных коррекционных программ, нацеленных на нормализацию нейровегетативной регуляции через немедикаментозные методы (БОС, электростимуляция, КПТ), доказывает их патогенетическую обоснованность. Способность этих вмешательств нивелировать негативные сдвиги ВСР и улучшать функциональное состояние позволяет рекомендовать их для широкого внедрения в практику медицинского обеспечения морских вояжей.

Таким образом, основным патогенетическим механизмом нарушения ФС в условиях длительного похода является вызванная хроническим стрессом дисрегуляция вегетативной нервной системы, которая приводит к каскаду нарушений в сердечно-сосудистой и церебральной системах. Своевременная диагностика этих изменений и применение превентивных коррекционных мероприятий являются ключом к поддержанию здоровья и профессиональной надежности моряков.

**Заключение.** Проведенный анализ подтверждает, что служба на флоте, особенно в условиях длительных походов, Крайнего Севера и Арктики, представляет собой комплексный экстремальный стрессор для организма военнослужащих. Ключевыми мишенями воздействия являются вегетативная нервная система, в том числе дисбаланс с преобладанием симпатической активности (снижение SDNN, RMSSD, pNN50, HF; повышение VLF, LF/HF ratio, IC), особенно выраженный в начале рейсов, при длительных сроках плавания и у неподготовленного личного состава. Этот дисбаланс лежит в основе многих негативных сдвигов, например, в ССС отмечен повышенный риск функциональных аритмий (экстрасистолия), признаки увеличения сосудистого тонуса и жесткости артерий, потенциальный риск развития артериальной гипертензии в отдаленной перспективе. Дыхательная система и тканевое дыхание: стресс-индуцированная гиповентиляция и гиперкапния в начале рейсов с возможной нормализацией при адекватной адаптации (короткие выходы) или усугублением при срыве адаптации (длительные выходы). Церебральная гемодинамика: снижение артериального притока, повышение тонуса и периферического сопротивления мозговых сосудов, затруднение венозного оттока, что создает предпосылки для цереброваскулярной недостаточности и снижения когнитивных функций.

Наиболее перспективными направлениями для сохранения боеспособности личного состава являются: совершенствование отбора, в том числе углубленная оценка адаптационного потенциала с акцентом на показатели ВСР в покое и при нагрузочных тестах, психологическое тестирование на стрессоустойчивость; динамический мониторинг ФС: регулярное (в том числе внутрипоходное) использование доступных неинвазивных методов (ВСР, капнография, пульсоксиметрия, анкетирование) для раннего выявления напряжения адаптации и дезадаптации; разработка и внедрение эффективных методов внутрипоходовой коррекции ФС: как подтверждают исследования [17, 20, 39], комплексные программы, включающие методы модуляции вегетативного баланса (транскраниальная электростимуляция, нВНС), БОС-тренинги (дыхание, HRV, сосудистый тонус), психотерапевтические техники (аутотренинг, КПТ) и физиотерапевтические процедуры (фоторитмостимуляция), способны

существенно нивелировать негативное влияние факторов службы.

Оптимизация режимов службы, например, учет данных о временных пределах эффективной адаптации (особенно в Арктике) при планировании длительности походов и межпоходовых интервалов для восстановления.

Несмотря на значительный объем накопленных данных, требуется дальнейшее расширение и углубление научных изысканий в следующих направлениях: долгосрочные когортные исследования отдаленных последствий для здоровья (ССЗ, неврологические нарушения) службы на флоте. Уточнение молекулярных и клеточных механизмов адаптации и дезадаптации (роль оксидативного стресса, воспаления, эндотелиальной дисфункции [46], эпигенетических факторов). Разработка и валидация интегрированных математических моделей прогнозирования индивидуального риска срыва адаптации. Создание единых протоколов и цифровых платформ для мони-

торинга и коррекции ФС экипажей в реальном времени.

Современные тенденции позволяют по-новому, в том числе и на расстоянии, использовать методы исследования и получать результаты мониторинга снимаемых контактно параметров ЭКГ, пульса, артериального давления, частоты движений, уровня оксигенации крови и др. Данные показатели возможно снимать через приложение в сотовом телефоне или в труднодоступных районах через самоорганизующиеся сети, созданные на основе нескольких взаимодействующих беспилотных летательных аппаратов, что является реальностью сегодняшних дней, где тиражирование методов – это лишь вопрос экономической целесообразности [47,48].

Только комплексный подход, основанный на постоянном научном сопровождении, позволит обеспечить сохранение здоровья военнослужащих флота, поддержание высокой боеготовности и эффективное выполнение служебных задач в любых условиях.

#### Сведения об авторах:

*Бобаков Николай Владимирович* – старший ординатор Клиники военно-морской терапии, Военно-медицинская академия; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0009-0007-6580-1430; SPIN: 3973-7752; e-mail: nikolas\_87@mail.ru

*Савинцев Никита Леонидович* – курсант, Военно-медицинская академия; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0009-0001-1719-7650; SPIN: 3482-8386; e-mail: rfctgv477@gmail.com

*Абдурахманов Нажмутдин Расулович* – курсант, Военно-медицинская академия; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0009-0005-9118-1760, SPIN: 9477-4165, e-mail: 89285269337@mail.ru

*Гананольский Вячеслав Павлович* – доктор медицинских наук, врио заведующего кафедрой фармакологии, Военно-медицинская академия; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0001-7685-5126; SPIN: 9872-8841; e-mail: ganvp@mail.ru

*Кутелев Геннадий Геннадьевич* – доктор медицинских наук, профессор кафедры военно-морской терапии, Военно-медицинская академия; Россия 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0002-6489-9938; SPIN: 5139-8511; e-mail: gena08@yandex.ru

*Тюрюпов Марк Сергеевич* – кандидат медицинских наук, старший ординатор терапевтического отделения, 442 военный клинический госпиталь; Россия, 191124, Санкт-Петербург, пр-кт Суворовский, д. 63, лит. Н; ORCID: 0000-0002-8366-0594; SPIN: 2886-7181; e-mail: tyuryupmark@yandex.ru

#### Information about the authors:

*Nikolai V. Bobakov* – Senior Resident of the Clinic of Military-Marine Therapy, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0009-0007-6580-1430; SPIN: 3973-7752; e-mail: nikolas\_87@mail.ru

*Nikita L. Savintsev* – Cadet, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0009-0001-1719-7650; SPIN: 3482-8386; e-mail: rfctgv477@gmail.com

*Nazhmutdin R. Abdurakhmanov* - Cadet, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0009-0005-9118-1760; SPIN: 9477-4165; e-mail: 89285269337@mail.ru

*Vyacheslav P. Ganapolsky* – Dr. of Sci. (Med.), Acting Head of the Pharmacology Department, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0000-0001-7685-5126; SPIN: 9872-8841; e-mail: ganvp@mail.ru

*Gennadii G. Kutelev* – Dr. of Sci. (Med.), Professor of the Department of Military-Marine Therapy, Military Medical Academy; ORCID: 0000-0002-6489-9938; SPIN: 5139-8511; e-mail: gena08@yandex.ru

*Mark S. Tyuryupov* – Cand. of Sci. (Med.), Senior resident of the Therapeutic Department, 442 Military Clinical Hospital; Russia, 191124, Saint Petersburg, Suvorovsky Ave, 63, Lit. N; ORCID: 0000-0002-8366-0594; SPIN: 2886-7181; e-mail: tyuryupmark@yandex.ru

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

*Наибольший вклад распределен следующим образом:* концепция и план исследования — Н. В. Бобаков, М. С. Тюрюпов; сбор и математический анализ данных — Н. Л. Савинцев, Г. Г. Кутелев, В. П. Ганапольский; подготовка рукописи — Н. Р. Абдурахманов

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

*Special contribution:* NVB, MST the concept and plan of the study. NLS, GGK, VPG collection and mathematical analysis of data. NRA preparation of the manuscript.

**Потенциальный конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

**Финансирование:** исследование проведено без дополнительного финансирования.

**Funding:** the study was carried out without additional funding.

Поступила/Received: 14.07.2024

Принята к печати/Accepted: 15.12.2024

Опубликована/Published: 30.12.2024

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Маряшин Ю. Е., Малащук Л. С. Причины снижения функциональных возможностей военнослужащих опасных профессий // *Военно-медицинский журнал*. 2016. Т. 337, № 2. С. 68–70 [Maryashin Yu. E., Malashchuk L. S. Reasons for the decrease in the functional capabilities of military personnel in dangerous professions. *Military Medical Journal*, 2016, Vol. 337, No. 2, pp. 68–70 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17816/RMMJ73590>.
2. Хугаева С. Г., Милавкина И. А., Бойко И. М. Статистические показатели вариационной кардиоинтервалометрии у рыбаков тралового флота в рейсе в условиях Арктического Севера. // *Бюллетень Северного государственного медицинского университета*. 2011. № 1(26). С. 310–311 [Khugaeva S. G., Milavkina I. A., Boyko I. M. Statistical indicators of variational cardiointervalometry among trawl fleet fishermen on a voyage in the Arctic North. *Bulletin of the Northern State Medical University*, 2011, No. 1(26), pp. 310–311 (In Russ.)]. EDN UYZJSX.
3. Norre M. E. Posturography: head stabilization compared with platform recording. Application in vestibular disorders. *Acta Otolaryngologica Suppl*, 1995, Vol. 520, part 2, pp. 434–436. doi: 10.3109/00016489509125291.
4. Онищенко А. В., Игнатиев Ю. Ф., Мосягин И. Г. Изменение показателей церебральной гемодинамики у военных моряков в зависимости от условий учебно-боевой деятельности // *Экология человека*. 2008. № 6. С. 3–6 [Onishchenko A. V., Ignatiev Yu. F., Mosyagin I. G. Changes in cerebral hemodynamics in military sailors depending on the conditions of combat training. *Human ecology*, 2008, No. 6, pp. 3–6 (In Russ.)]. EDN KXIIAZ.
5. Стрелков Д. Г. Оценка функциональных резервов кардиореспираторной системы организма человека при действии различных факторов // *Эколого-физиологические проблемы адаптации. Материалы XII международного симпозиума*. Москва: 2007. С. 422–424 [Strelkov D. G. Assessment of functional reserves of the cardiorespiratory system of the human body under the influence of various factors. *Ecological and physiological problems of adaptation: materials of the XII International Conference. simp*. Moscow, 2007, pp. 422–424 (In Russ.)].
6. Сапожников К. В., Сорокина И. В., Гусев А. В. и др. Профилактика фебрильной нейтропении у онкологических пациентов: данные реальной клинической практики // *Современная онкология*. 2023. Т. 25, № 1. С. 115–122 [Sapozhnikov K. V., Sorokina I. V., Gusev A. V., et al. Prevention of febrile neutropenia in cancer patients: data from real clinical practice. *Modern oncology*. 2023. Vol. 25, No. 1, pp. 115–122 (In Russ.)]. EDN QPQHVZ doi: 10.26442/18151434.2023.1.202138.
7. Парфенов Ю. А., Василевская М. А., Парфенов С. А. и др. Обоснование показаний к применению БОС-терапии и цитофлавина в лечении неврологических осложнений остеохондроза среди пожилых пациентов // *Georgian Medical News*. 2018. № 283. С. 89–96 [Parfenov Yu. A., Vasilevskaya M. A., Parfenov S. A., et al. Substantiation of indications for the use of BOS therapy and cytoflavin in the treatment of neurological complications of osteochondrosis among elderly patients. *Georgian Medical News*, 2018, No. 283, pp. 89–96. (In Russ.)]. EDN PEFRRX.
8. Литовкин А. В., Парфенов Ю. А., Парфенов С. А., Сапожников К. В. Формы оказания паллиативной помощи лицам старшей возрастной группы с онкологией // *Современные проблемы науки и образования*. 2017. № 4. С. 58 [Litovkin A. V., Parfenov Yu. A., Parfenov S. A., Sapozhnikov K. V. Forms of palliative care for people of the older age group with cancer. *Modern problems of science and education*, 2017, No. 4, pp. 58. (In Russ.)]. EDN CGSKWK.
9. Седов А. В., Моисеев Ю. Б., Ханкевич Ю. Р. и др. Методические подходы к обоснованию номенклатуры антропометрических показателей операторов современных АСУ в интересах проектирования рабочих мест морской техники // *Морская медицина*. 2021. Т. 7, № 2. С. 8–14 [Sedov A. V., Moiseev Yu. B., Khankevich Yu. R., et al. Methodological approaches to substantiating the nomenclature of anthropometric indicators of operators of modern automated control systems in the interests of designing workplaces for marine equipment. *Marine medicine*, 2021, Vol. 7, No. 2, pp. 8–14 (In Russ.)]. doi: 10.22328/2413-5747-2021-7-2-8-14. EDN UFJZMZ.
10. Захаров К. И., Белов В. Г., Парфенов Ю. А. и др. Обоснование применения препарата «Цитофлавин» и когнитивно-поведенческой терапии в комплексном лечении пациентов старшей группы с деформирующим коксартрозом // *Успехи геронтологии*. 2019. Т. 32, № 3. С. 439–444 [Zakharov K. I., Belov V. G., Parfenov Yu. A., et al. Justification of the use of Cytoflavin and cognitive behavioral therapy in the complex treatment of senior group patients with deforming coxarthrosis. *Successes of gerontology*, 2019, Vol. 32, No. 3, pp. 439–444 (In Russ.)]. EDN PMWJZL.

11. Hughson R. L., Yamamoto Y. Mc., Cullough R. E., Sutton J. R., Reeves J. T. Sympathetic and parasympathetic indicators of heart rate control at altitude studied by spectral analysis. *J Appl Physiol*, 1985, 77(6), 2537–2542. doi: 10.1152/jappl.1994.77.6.2537. PMID: 7896588.
12. Агаджанян Н. А., Жвавый Н. Ф., Ананьев В. Н. *Адаптация человека к условиям Крайнего Севера: экологофизиологические механизмы*. М.: КРУК; 1998. С. 77–124 [Aghajanyan N. A., Zhvavyuy N. F., Ananyev V. N. *Human adaptation to the conditions of the Far North: ecological and physiological mechanisms*. Moscow: KRUK; 1998, pp. 77–124 (In Russ.)].
13. Андрущенко А. А., Катюхин В. Н., Кострюкова Н. К., Прокопьев М. Н. Повышенная гелиогеомагнитная активность как фактор риска артериальной гипертензии у жителей Севера // *Вестник новых медицинских технологий*. 2007. Т. XIV, № 1. С. 65–67 [Andrushchenko A. A., Katyukhin V. N., Kostryukova N. K., Prokopyev M. N. Increased heliogeomagnetic activity as a risk factor for arterial hypertension in residents of the North. *Bulletin of New Medical Technologies*, 2007, Vol. XIV, No. 1, pp. 65–67 (In Russ.)].
14. Мызников И. Л., Щербина Ф. А. Динамика постоянного потенциала головного мозга у моряков в рейсах различной продолжительности // *Экология человека*. 2005. № 2. С. 53–57 [Myznikov I. L., Shcherbina F. A. Dynamics of constant brain potential in sailors on voyages of various duration. *Human ecology*, 2005, No. 2, pp. 53–57 (In Russ.)].
15. Довгуша В. В., Блощинский И. А. Концептуальные основы сохранения здоровья и медико-физиологического обеспечения корабельных специалистов // *Вестник психотерапии*. 2007. № 24(29). С. 57–64 [Dovgusha V. V., Bloschinsky I. A. Conceptual foundations of health preservation and medical and physiological support for shipboard specialists. *Bulletin of Psychotherapy*, 2007, № 24(29), pp. 57–64 (In Russ.)]. EDN LAIPEB.
16. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Eur Heart J*, 1996, pp. 354–381.
17. Ханкевич Ю. Р., Сапожников К. В., Черкашин Д. В., Кутелев Г. Г., Парфенов С. А., Паулов А. А. Оценка эффективности мероприятий внутрипоходовой коррекции функционального состояния сердечно-сосудистой системы операторов глубоководных технических средств // *Морская медицина*. 2021. Т. 7, № 3. С. 20–31 [Khankevich Yu. R., Sapozhnikov K. V., Cherkashin D. V., Kutelev G. G., Parfenov S. A., Paulov A. A. Evaluation of the effectiveness of measures for intra-income correction of the functional state of the cardiovascular system of operators of deep-sea equipment. *Marine medicine*, 2021, Vol. 7, No. 3, pp. 20–31 (In Russ.)].
18. Malakauskiene R. Health related quality of life among seamen-focus on Lithuanian seamen. *Blekinge Institute of Technology. School of Health Science. Master thesis (Supervisor: Karin Holmén)*. 2006.
19. Ханкевич Ю. Р., Седов А. В., Сапожников К. В., и др. Предпосылки создания автоматизированной информационной системы «паспорт здоровья спортсмена» с поддержкой базы данных // *Актуальные проблемы физической и специальной подготовки силовых структур*. 2016. № 1. С. 144–149 [Khankevich Yu. R., Sedov A. V., Sapozhnikov K. V. [et al.] Prerequisites for the creation of an automated information system “athlete’s health passport” with database support. *Actual problems of physical and special training of law enforcement agencies*, 2016, No. 1, pp. 144–149 (In Russ.)]. EDN VODJFR.
20. Lee S., Kim Y., Park J. Efficacy of a Combined Biofeedback and Cognitive Behavioral Program for Stress Management in Naval Ship Crews: A Randomized Controlled Trial. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 2023, 48(1), pp. 23–35.
21. Ишеков А. Н., Ишекова Н. И. Сравнительная характеристика показателей капнографии и вариабельности сердечного ритма у моряков в динамике рейсов различной продолжительности // *Морская медицина*. 2015. Т. 1, № 3. С. 23–27 [Ishekov A. N., Isheкова N. I. Comparative characteristics of capnography and heart rate variability among sailors in the dynamics of voyages of different duration. *Marine medicine*, 2015, Vol. 1, No. 3, pp. 23–27 (In Russ.)].
22. Ишеков А. Н., Ишеков Н. С. Показатели вариабельности сердечного ритма и стабилотрии у моряков в динамике арктического рейса // *Морская медицина*. 2015. Т. 1, № 2. С. 36–40 [Ishekov A. N., Ishekov N. S. Indicators of heart rate variability and stabilometry in sailors in the dynamics of the Arctic voyage. *Marine medicine*, 2015, Vol. 1, No. 2, pp. 36–40 (In Russ.)].
23. Зенков Л. Р., Ронкин М. А. *Функциональная диагностика нервных болезней: руководство для врачей*. М.: МЕДпресс-информ; 2004. 488 с. [Zenkov L. R., Ronkin M. A. *Functional diagnostics of nervous diseases: a guide for doctors*. Moscow: MEDpress-inform; 2004, 488 p. (In Russ.)].
24. Безруких М. М., Сонькин В. Д., Фарбер Д. А. *Возрастная физиология: (Физиология развития ребенка)*. М.: Академия; 2009. С. 416 [Bezrukikh M. M., Sonkin V. D., Farber D. A. *Age-related physiology: (Physiology of child development)*. Moscow: Akademiya; 2009, pp. 416 (In Russ.)].
25. Онищенко А. В., Мосягин И. Г. Волновая активность головного мозга у военных моряков в различных условиях профессиональной деятельности // *Экология человека*. 2008. № 8. С. 49–53 [Onishchenko A. V., Mosyagin I. G. Brain wave activity in military sailors in various conditions of professional activity. *Human ecology*, 2008, No. 8, pp. 49–53 (In Russ.)].
26. Сапожников К. В., Парфенов С. А., Лазарев А. А. и др. 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., et al. 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.
27. Макаров Л. М., Комолятова В. Н., Куприянова О. О., и др. Национальные российские рекомендации по применению методики холтеровского мониторирования в клинической практике // *Российский кардиологический журнал*. 2014. Т. 2, № 106. С. 6–71 [Makarov L. M., Komolyatova V. N., Kupriyanova N. O., et al. Russian national guidelines for the use of Holter monitoring techniques in clinical practice. *Russian Journal of Cardiology*, 2014, T. 2, No. 106, pp. 6–71 (In Russ.)].

28. Thayer J. F., Åhs F., Fredrikson M., Sollers J. J. 3rd, Wager T. D. A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: implications for heart rate variability as a marker of stress and health. *Neurosci Biobehav Rev*, 2012, pp. 747–756.
29. Shaffer F., Ginsberg J. P. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Front Public Health*, 2017, pp. 258.
30. Dekker J. M., Crow R. S., Folsom A. R., et al. Low heart rate variability in a 2-minute rhythm strip predicts risk of coronary heart disease and mortality from several causes: the ARIC Study. Atherosclerosis Risk In Communities. *Circulation*. 2000. pp. 1239–1244.
31. Nussinovitch U., Elishkevitz K. P., Katz K., et al. Reliability of ultra-short ECG indices for heart rate variability. *Ann Noninvasive Electrocardiol*, 2011, pp. 117–122.
32. Berntson G. G., Bigger J. T. Jr, Eckberg D. L., et al. Heart rate variability: origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology*, 1997, pp. 623–648.
33. Pomeranz B., Macaulay R. J., Caudill M. A., et al. Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis. *Am J Physiol*, 1985, 1, Pt 2, pp. 151–153.
34. Malliani A., Pagani M., Lombardi F., Cerutti S. Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. *Circulation*, 1991, pp. 482–492.
35. Баевский Р. М., Иванов Г. Г., Чирейкин Л. В. и др. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем // *Вестник аритмологии*. 2001. № 24. С 65–86 [Baevsky R. M., Ivanov G. G., Chireykin L. V., et al. Analysis of heart rate variability using various electrocardiographic systems. *Bulletin of Arrhythmology*, 2001, No. 24, pp. 65–86 (In Russ.)].
36. Ханкевич Ю. Р., Блощинский И. А., Вальский А. В. Динамика функционального состояния подводников в предподоходный период // *Военно-медицинский журнал*. 2014. Т. 335, № 9 С. 55–60 [Khankevich Yu. R., Bloshchinsky I. A., Valsky A. V. Dynamics of the functional state of submariners in the pre-flood period. *Military Medical Journal*, 2014, Vol. 335, No. 9, pp. 55–60 (In Russ.)].
37. Chen L., Wang H., Zhang Y. Cerebral Hemodynamic Changes in Naval Personnel During Long-Duration Sea Voyages: A Transcranial Doppler Study. *Mil Med*, 2021; 186(Suppl 1), pp. 456–462.
38. Johansen I. B., Færevik H., Sandsund M., et al. Cardiovascular Effects of Long-Term Occupational Cold Exposure in Norwegian Navy Personnel. *Int J Circumpolar Health*, 2021; 80(1), pp. 80.
39. Gonzalez J. M., Ruiz-Lopez M., Perez-Valdecantos D., et al. Endothelial Dysfunction and Oxidative Stress in Spanish Navy Divers after a 6-Month Deployment. *Front Physiol*, 2023; 14, pp. 14.
40. Мызников И. Л., Щербина Ф. А. Динамика постоянного потенциала головного мозга у моряков в рейсах различной продолжительности // *Экология человека*. 2005. № 2. С. 53–57 [Myznikov I. L., Shcherbina F. A. Dynamics of constant brain potential in sailors on voyages of various duration. *Human ecology*, 2005, No. 2, pp. 53–57 (In Russ.)].
41. Petrova M. V., Sokolov A. Y., Ivanov L. L. Non-invasive Vagus Nerve Stimulation for Improving Autonomic Balance in Submariners During Deployment: A Pilot Study. *Human Physiology*, 2022; 7(6), pp. 301–308.
42. Smith J., Anderson R., Davis K. Submarine Deployment and Cardiac Ectopy: A Prospective Observational Study. *Undersea Hyperb Med*, 2022, pp. 145–155.
43. Маслов Н. Б., Блощинский И. А., Галушкина Е. А., Рогованов Д. Ю. Концептуальные подходы к оценке функционального состояния специалистов в процессе их профессиональной деятельности // *Экология человека*. 2012. № 4. С. 16–24 [Maslov N. B., Bloshchinsky I. A., Galushkina E. A., Rogovanov D. Y. Conceptual approaches to assessing the functional state of specialists in the process of their professional activity. *Human ecology*, 2012, No. 4, pp. 16–24 (In Russ.)]. EDN OVBHJL. 1
44. Bhavani-Shankar K., Moseley H., Kumar A. Y., Delph Y. Capnometry and anaesthesia. *Can J Anaesth*, 1992, pp. 617–632.
45. Williams V. P., Bishop-Fitzpatrick L., Lane J. D., et al. Electronic Self-Monitoring of Subjective Stress and Heart Rate Variability in US Navy Sailors During Deployment. *Mil Med*, 2020, pp. 688–696.
46. Ainslie P. N., Duffin J. Integration of cerebrovascular CO2 reactivity and chemoreflex control of breathing: mechanisms of regulation, measurement, and interpretation. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 2009, 296(5), pp. 1473–1495. doi: 10.1152/ajpregu.91008.2008. Epub 2009 Feb 11.
47. Иванов А. О., Тягнерев А. Т., Безкишский Э. Н., Иодис А. А. Особенности функционального состояния и работоспособности экипажей строящихся кораблей на этапе выходов в море // *Морская медицина*. 2017. Т. 3, № 3. С. 70–77 [Ivanov A. O., Tyagnerev A. T., Bezkishsky E. N., Iodis A. A. Features of the functional state and working capacity of the crews of ships under construction at the stage of going to sea. *Marine medicine*, 2017, Vol. 3, No. 3, pp. 70–77 (In Russ.)]. doi: 10.22328/2413-5747-2017-3-3-70-77. DN ZMNTKZ.
48. 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, 2016. СПб: 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, 2016. Saint Petersburg: Kirov Military Medical Academy, 2016, pp. 20–21 (In Russ.)]. EDN YGCAGV.

## ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ / ORIGINAL ARTICLES

УДК 614.2

doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-20-27>**RESEARCH ON THE TECHNICAL EFFICIENCY OF MEDICAL RESOURCES  
IN HOSPITALS OF PUBLIC HEALTH EMERGENCIES***Lulu Zhang*

Naval Medical University, Shanghai, China

**INTRODUCTION.** The increasing demand for medical and health services from the public has brought enormous pressure to the health system, and the public health emergency will lead to an intensification of the supply-demand contradiction of medical services.

**OBJECTIVE.** This study aimed to evaluate and explore the factors that might affect the efficiency of medical resource allocation of hospitals in Shanghai, providing reference for the medical resource management of hospitals in the public health emergency.

**MATERIALS AND METHODS.** Data were obtained from the hospitals in a certain area of Shanghai from April to May, 2022. Data envelopment analysis was used to evaluate technical efficiency, pure technical efficiency, and scale efficiency. Tobit regression was applied to determine the independent factors affecting hospital efficiency.

**RESULTS.** A total of 214 decision-making units were included in this study. The median values of technical efficiency, pure technical efficiency, and scale efficiency of hospitals were 0.579 (interquartile range [IQR], 0.347–0.767), 0.644 (IQR, 0.487–0.883), and 0.938 (IQR, 0.905–0.953), respectively. Tobit regression analysis indicated that the higher bed-to-nurse ratio and bed capacity (at least 2000) had a negative impact on technical efficiency.

**DISCUSSION.** Hospitals with higher bed-to-nurse ratios tended to exhibit lower efficiency, suggesting that excessive nursing workload may hinder effective service delivery during public health emergencies. Larger bed capacity, particularly in hospitals exceeding 2000 beds, was also associated with poorer efficiency, indicating that overly large scales may limit operational responsiveness.

**CONCLUSIONS.** Low technical efficiency is primarily attributable to poor pure technical efficiency, which can be improved through better management and organizational practices. In addition, optimizing bed allocation and maintaining an appropriate nurse-to-bed ratio can enhance allocative efficiency in hospitals. Decision-makers should consider these findings while allocating medical resources. Meanwhile, our study can also provide reference for optimizing the allocation of medical resources in the public health emergency.

**KEYWORDS:** marine medicine, maritime medicine, public health emergency, Allocation efficiency, Data Envelopment Analysis, Tobit regression

**For correspondence:** Lulu Zhang, e-mail: [zllrmit@163.com](mailto:zllrmit@163.com)

**Для корреспонденции:** Чжан Лулу, e-mail: [zllrmit@163.com](mailto:zllrmit@163.com)

**For citation:** Lulu Zhang. Research on the technical efficiency of medical resources in hospitals of public health emergencies // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, № 4. P. 20–27, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-20-27>; EDN: <https://elibrary.ru/TXXKVS>

**Для цитирования:** Чжан Лулу. Исследование технической эффективности распределения медицинских ресурсов в больницах в условиях чрезвычайной ситуации в области общественного здравоохранения // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 4. С. 20–27, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-20-27>; EDN: <https://elibrary.ru/TXXKVS>

© Авторы, 2025. 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>



# ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ РЕСУРСОВ В БОЛЬНИЦАХ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ В ОБЛАСТИ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Чжан Лунлу

Военно-морской медицинский университет, Шанхай, Китай

**ВВЕДЕНИЕ** Растущий спрос населения на медицинские услуги повышает нагрузку на систему здравоохранения, особенно при возникновении чрезвычайной ситуации.

**ЦЕЛЬ.** Изучить и оценить факторы, влияющие на эффективность распределения медицинских ресурсов в больницах Шанхая, с целью разработки рекомендаций по управлению медицинскими ресурсами в условиях чрезвычайных ситуаций.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Получены данные из больниц одного из районов Шанхая в период с апреля по май 2022 года. Для оценки технической эффективности, чистой технической эффективности и масштабной эффективности использовался анализ оболочки данных (DEA). Для определения независимых факторов, влияющих на эффективность работы больниц, был применен регрессионный анализ Тобита.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** В исследование включено 214 единиц принятия решений (DMU). Медианные значения технической эффективности, чистой технической эффективности и масштабной эффективности больниц составили 0,579 (интерквартильный размах [IQR], 0,347–0,767), 0,644 (IQR, 0,487–0,883) и 0,938 (IQR, 0,905–0,953) соответственно. Регрессионный анализ Тобита показал, что более высокое соотношение коек к медицинскому персоналу и количество коек ( $\geq 2000$ ) отрицательно влияют на техническую эффективность.

**ОБСУЖДЕНИЕ.** Высокое соотношение числа коек к медицинскому персоналу связано с повышенной нагрузкой на медсестер, что снижает операционную эффективность больниц в условиях чрезвычайных ситуаций в области общественного здравоохранения. Размер больницы, особенно если количество коек превышает 2000, также приводит к снижению эффективности, что объясняется ограничением гибкости управленческих возможностей больницы.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Низкий уровень технической эффективности в основном является результатом неудовлетворительных показателей чистой технической эффективности, что можно улучшить за счет оптимизации управления и организации. Эффективность распределения ресурсов в больницах может быть повышена путем оптимизации количества коек и соответствующего соотношения коек к медицинскому персоналу. Результаты исследования следует учитывать лицам, принимающим решения, при распределении медицинских ресурсов. Кроме того, данное исследование может служить ориентиром для оптимизации распределения медицинских ресурсов в условиях чрезвычайных ситуаций в области общественного здравоохранения.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** морская медицина, чрезвычайная ситуация в области общественного здравоохранения, эффективность распределения, анализ оболочки данных, регрессия Тобита

**Introduction.** Since the reform and opening up, China's economic development has achieved universally recognized achievements, and the enormous economic achievements have significantly increased the total amount of China's health resources. However, there is also a contradiction between the growing health demand of the people and the insufficient supply of health resources, which would be intensified by the public health emergency. Reasonably allocating limited medical and health resources has become a huge challenge for hospital management, which has made determining the reasonable allocation of medical resource an important issue and highlights the necessity to evaluate the performance and efficiency hospital resource utilization.

Data Envelopment Analysis (DEA), a non-parametric linear programming method, has been widely used to assess hospital efficiency accord-

ing to input and output indicators [1, 2]. With this method, the efficient production frontier is calculated by constructing a linear programming model based on the actual inputs and outputs of decision-making units (DMU). Only DMU located on the frontier are considered to be effective. With the method of DEA, we conducted this study to evaluate the efficiency of hospitals in the public health emergency and to explore its influencing factors, providing reference for emergency management of medical resource.

## Materials and methods

### Data sources

The data was obtained from hospitals one district in a certain area of Shanghai from April 2022 to May 2022. Data included the number of medical workers, bed capacity, number of hospitalized patients, type of hospital, doctor-

to-nurse ratio, and bed-to-nurse ratio. Personal identification information was not collected, conforming to the principles of the Declaration of Helsinki revised in 2013 [3].

### Data Envelopment Analysis

Data Envelopment Analysis (DEA) is a non-parametric mathematical method widely used in various fields to calculate efficiency [4]. The most classic DEA models are the CCR model, a constant returns to scale (CRS) model proposed by Charnes in 1978 [4], and the BCC model, a variable returns to scale (VRS) model proposed by Banker in 1984 [5]. The BCC model was selected to evaluate the technical efficiency (TE) of the hospital. TE can be decomposed into pure technical efficiency (PTE) and scale efficiency (SE) as follows:  $TE = PTE \times SE$ . PTE represents the level of management and organization, and SE indicates the ability to choose an optimal scale size [6, 7]. The efficiency value ranges from 0 to 1, with higher scores indicating greater efficiency. An input-oriented DEA model was adopted in the analysis. In this study, one day at each hospital was regarded as a unit of analysis. For example, X hospital provided medical service for ten days, meaning that ten DMUs were involved in the analysis. In this study, there were 214 DMUs, representing the operation of the selected hospitals.

### Selection of study variables

Two input variables and one output variable were selected based on data availability, and previous studies have focused on hospital

efficiency [2, 8, 9]. As input variables, the number of medical workers and open beds was chosen for efficiency evaluation. In terms of the output variables, the number of hospitalized patients was selected to measure the production of health services provided by the hospitals (Table 1).

Several factors that might affect the efficiency score, such as the stage, the type of hospital, number of open beds, doctor-to-nurse ratio, and bed-to-nurse ratio, were assessed by Tobit regression analysis (Table 1).

### Data analysis

Continuous variables not normally distributed are presented as median (IQR), and categorical variables as frequency (%). DEA was used to calculate the TE, PTE, and SE. The non-parametric Kruskal-Wallis test was used to explore the group differences because of the skewed distribution of the efficiency scores. As efficiency scores were censored variables ranging from 0 to 1, Tobit regression was applied to determine the independent factors affecting the TE, PTE, and SE of hospitals [10, 11]. The results of the Tobit regression were reported as estimates and 95% confidence interval (CI). The following variables were assessed by Tobit regression: the stage, hospital type (non-tertiary or tertiary hospital), bed capacity (< 2000 or ≥ 2000), doctor-to-nurse ratio, and bed-to-nurse ratio. Z-score method was applied to normalize the doctor-to-nurse and bed-to-nurse ratios to improve data comparability [12].

Table 1

### Definitions of variables included in the analysis

Таблица 1

### Определения переменных, включенных в анализ

Variables	Explanation
Input variables	
Medical workers	Number of doctors and nurses per day in each hospital
Beds	Number of open beds per day in each hospital
Output variables	
Hospitalized patients	Number of patients per day receiving treatment in each hospital
Control variables	
Stage	Rising stage and descending stage
Source	Non-tertiary hospital and tertiary hospital
Bed capacity	Number of open beds (< 2000 and ≥ 2000)
Doctor-to-nurse ratio	Doctor-to-nurse ratio of each hospital
Bed-to-nurse ratio	Bed-to-nurse ratio of each hospital

All statistical analyses were performed using STATA version 16.0 (StataCorp, College Station, TX, USA) and the DEAP analysis software (version 2.1). Statistical significance was set at  $p < 0.05$  on two-tailed testing.

Results

Descriptive statistics of the input, output, and control variables

In total, 214 DMUs were included in this study (Table 2). These DMUs deployed a median of 144 (IQR, 57-189) medical workers and a median of 1140 (IQR, 350-1700) bed capacity, which produced a median of 537.5 (IQR, 204-1012) hospitalized patients. The median doctor-to-nurse and bed-to-nurse ratios were 0.24 (IQR, 0.24-0.43) and 10.17 (IQR, 8.75-13.60), respectively. The majority of DMUs were in the descending stage, and approximately 26% were in the rising stage. According to the bed capacity of the hospitals, 177 DMUs (82.71%) were classified as hospitals with  $< 2000$  beds, and 37 DMUs (17.29%) were

classified as hospitals with  $\geq 2000$  beds. There were 130 DMUs (60.75%) belonging to non-tertiary hospitals, and 84 (39.25%) DMUs belonging to tertiary hospitals.

Efficiency scores

As shown in Table 3, the median TE, PTE, and SE of these hospitals were 0.579 (IQR, 0.347-0.767), 0.644 (IQR, 0.487-0.883), and 0.938 (IQR, 0.905-0.953), respectively. These results indicated that the low level of PTE contributed to the low TE score, which could be improved through better management and organization. Compared with the descending stage, the median TE in the rising stage was significantly higher, reaching 0.820 (IQR, 0.702-0.887). This trend was also observed for PTE, which was 0.895 (IQR, 0.777-0.984) and 0.552 (IQR, 0.392-0.756), respectively. The median TE of hospitals managed by medical assistance teams from non-tertiary and tertiary hospitals was 0.595 (IQR, 0.315-0.765) and 0.552 (IQR, 0.387-0.744), respectively. Regarding bed capacity, all efficiency scores of hospitals

Table 2

Descriptive statistics of the inputs, outputs, and control variables

Таблица 2

Описательная статистика входных, выходных и контрольных переменных						
	N (%)	Input variables		Output variables		
		Medical workers	Bed capacity	Hospitalized patients	D-N ratio	B-N ratio
Stage						
Rising stage	55 (25.70%)	144 (57, 189)	1140 (350, 1705)	877 (292, 1134)	0.24 (0.24, 0.54)	12.59 (8.75, 17.35)
Descending stage	159 (74.30%)	144 (57, 256)	1140 (350, 1700)	408 (167, 850)	0.24 (0.19, 0.43)	10.17 (8.68, 13.60)
Source						
Non-tertiary hospital	130 (60.75%)	62 (57, 144)	680 (350, 1180)	284.5 (147, 614)	0.43 (0.24, 0.54)	10.17 (8.75, 17.35)
Tertiary hospital	84 (39.25%)	256 (161, 256)	1700 (1140, 1705)	892.5 (620.5, 1339.5)	0.19 (0.19, 0.24)	8.68 (5.53, 12.59)
Bed capacity						
$< 2000$	177 (82.71%)	144 (57, 161)	1140 (350, 1180)	430 (176, 865)	0.24 (0.24, 0.42)	10.17 (8.75, 12.63)
$\geq 2000$	37 (17.29%)	363 (189, 363)	2718 (2134, 2718)	1121 (403, 1567)	0.16 (0.16, 0.54)	8.68 (8.68, 17.35)
Total	214 (100%)	144 (57, 189)	1140 (350, 1700)	537.5 (204, 1012)	0.24 (0.24, 0.43)	10.17 (8.75, 13.60)

Abbreviations: D-N ratio, doctor-to-nurse ratio; B-N ratio, bed-to-nurse ratio  
Сокращения: соотношение врачей и медсестер (D-N); соотношение койко-мест и медсестер (B-N)

Table 3

Summary of the efficiency scores according to the stage, source, and bed capacity

Таблица 3

Сводные данные по показателям эффективности в зависимости от стадии, источника и вместимости коек

	TE	p value	PTE	p value	SE	p value
Stage		< 0.001		< 0.001		0.737
Rising stage	0.820 (0.702, 0.887)		0.895 (0.777, 0.984)		0.937 (0.933, 0.946)	
Descending stage	0.497 (0.267, 0.636)		0.552 (0.392, 0.756)		0.939 (0.901, 0.956)	
Source		0.652		0.004		0.345
Non-tertiary hospital	0.595 (0.315, 0.765)		0.738 (0.491, 0.929)		0.940 (0.799, 0.970)	
Tertiary hospital	0.552 (0.387, 0.744)		0.587 (0.412, 0.796)		0.938 (0.934, 0.943)	
Bed capacity		0.002		< 0.001		0.010
< 2000	0.598 (0.381, 0.775)		0.694 (0.491, 0.895)		0.940 (0.933, 0.956)	
≥ 2000	0.417 (0.139, 0.607)		0.456 (0.145, 0.681)		0.922 (0.901, 0.937)	
Total	0.579 (0.347, 0.767)		0.644 (0.487, 0.883)		0.938 (0.905, 0.953)	

Abbreviations: TE, technical efficiency; PTE, pure technical efficiency; SE, scale efficiency

Сокращения: TE — техническая эффективность; PTE — чистая техническая эффективность; SE — эффективность масштаба

with < 2000 beds were significantly higher than those with ≥ 2000 beds.

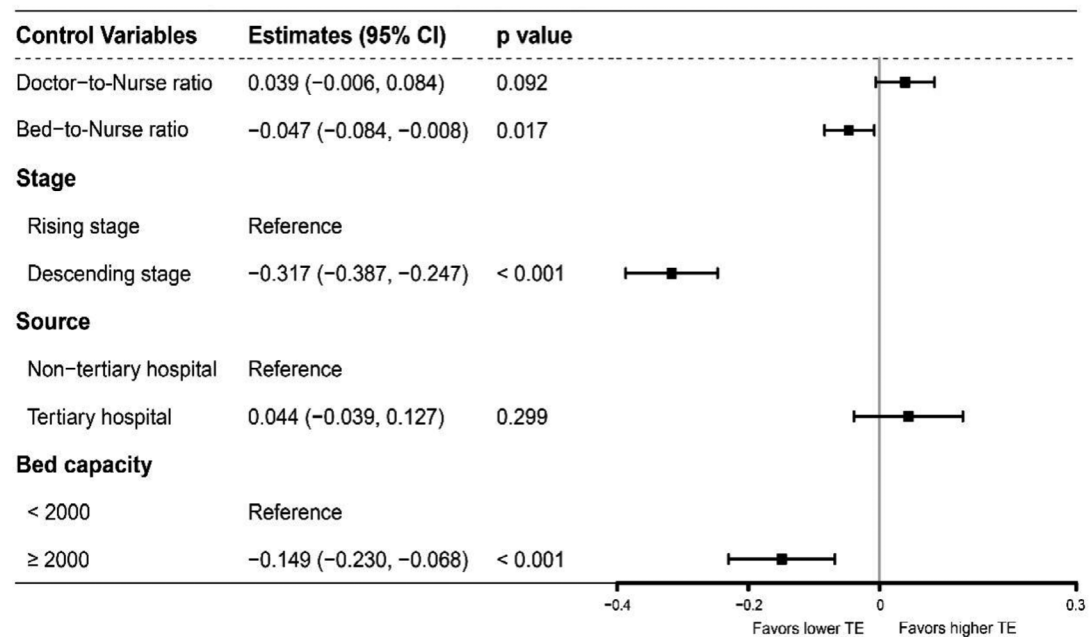
### Tobit regression analysis

The efficiency scores were significantly affected by the stage in the Tobit regression analysis. Compared with the rising stage, descending stage was associated with significantly lower TE (-0.317, 95% CI: -0.387, -0.247;  $p < 0.001$ ) (Figure 1), PTE (-0.295, 95% CI: -0.365, -0.225;  $p < 0.001$ ) (Figure 2), and SE (-0.106, 95% CI: -0.170, -0.041;  $p = 0.002$ ) (Figure 3). Regarding the hospital type, tertiary hospitals (0.195, 95% CI: 0.112, 0.279;  $p < 0.001$ ) strengthened PTE remarkably but had no impact on TE (0.044, 95% CI: -0.039, 0.127;  $p = 0.299$ ) and SE (-0.051, 95% CI: -0.128, 0.026;  $p = 0.190$ ). Compared with hospitals with < 2000 bed capacity, those with ≥ 2000 weakened TE (-0.149, 95% CI: -0.230, -0.068;  $p < 0.001$ ) and PTE (-0.352, 95% CI: -0.435, -0.269;  $p < 0.001$ ). D-N ratio did not affect TE (0.039, 95% CI: -0.006, 0.084;  $p = 0.092$ ) but was significantly associated with higher PTE (0.134, 95% CI: 0.088, 0.180;

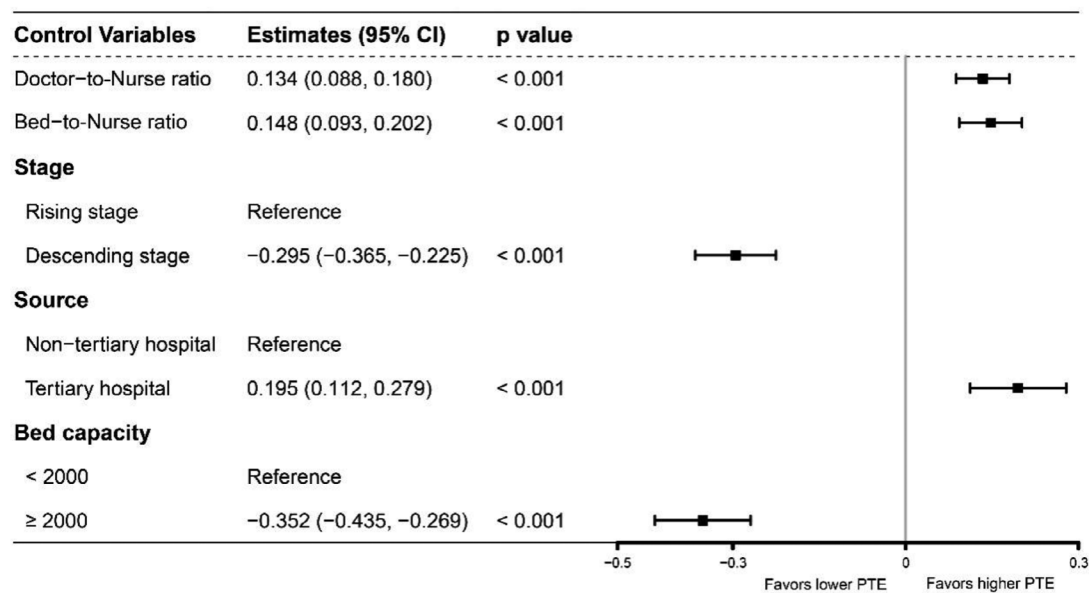
$p < 0.001$ ) and lower SE (-0.050, 95% CI: -0.092, -0.008;  $p = 0.020$ ). Moreover, the B-N ratio had a negative impact on TE (-0.047, 95% CI: -0.084, -0.008;  $p = 0.017$ ) and SE (-0.078, 95% CI: -0.113, -0.043;  $p < 0.001$ ), and a positive impact on PTE (0.148, 95% CI: 0.093, 0.202;  $p < 0.001$ ).

**Discussion.** One challenge in fighting against the public health emergencies is rationally allocating limited medical resources to improve the efficiency. DEA-Tobit analysis was conducted to evaluate the efficiency of hospitals the public health emergency. We found that a low level of PTE led to poor TE, significantly affected by the bed-to-nurse ratio, bed capacity, and stage.

The bed-to-nurse ratio, widely applied to measure nursing workload, is a crucial determinant of efficiency. A previous study showed that the bed-to-nurse ratio was positively associated with the TE of county hospitals [13], while another study indicated that efficient units were associated with a lower bed-to-nurse ratio in intensive care units [14]. A higher bed-to-nurse ratio, indicating a high-intensity nursing workload, might



**Fig. 1.** Factors affecting the technical efficiency of hospitals  
**Рис. 1.** Факторы, влияющие на техническую эффективность больниц

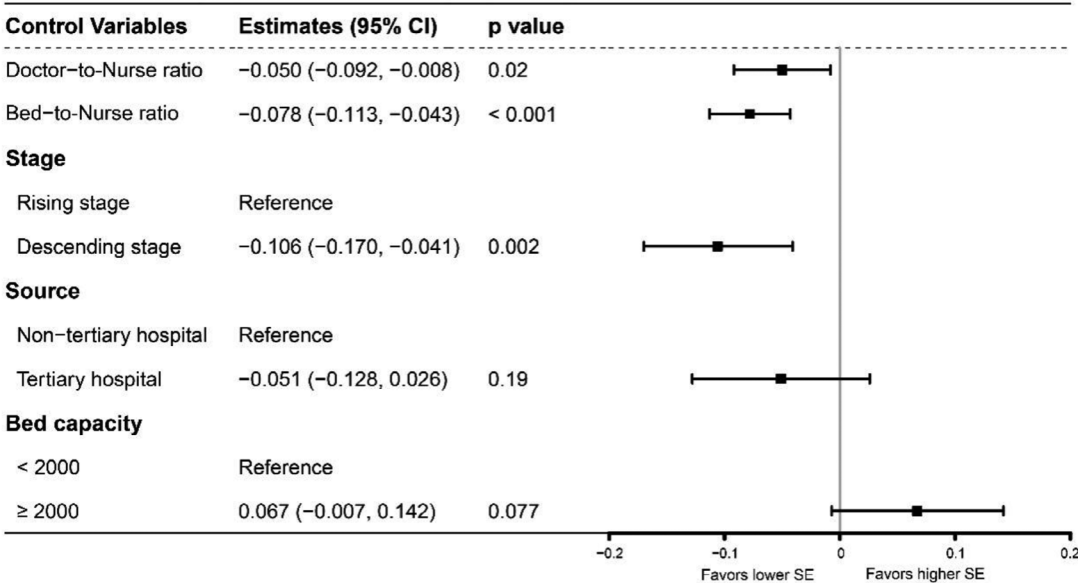


**Fig. 2.** Factors affecting the pure technical efficiency of hospitals  
**Рис. 2.** Факторы, влияющие на чисто техническую эффективность больниц

lead to physical and mental fatigue, which is an independent risk factor for efficient nursing practice [15, 16]. Therefore, an optimized nursing workforce allocation should be developed to improve the efficiency of hospitals.

The bed capacity is another important factor that affects efficiency. A previous study showed that maternal and child health hospitals with at least 200 beds positively affected efficiency [17]. However, another study demonstrated that effi-

ciency scores declined as bed capacity was more than 618 in county hospitals [13]. These contradictions indicated that the hospitals' SE might be reciprocal U-shaped, which means that the efficiency declined as bed capacity was beyond the optimum scale [18]. Small hospital scale was unfavourable to the full release of its potential, while it was difficult for huge hospitals to manage efficiently. This study also showed that hospitals with more than 2000 beds displayed poorer effi-



**Fig. 3.** Factors affecting the scale efficiency of hospitals  
**Рис. 3.** Факторы, влияющие на масштабную эффективность больниц

ciency than their smaller counterparts. However, we did not define the optimal size of hospitals in our study. Further research should be conducted to determine the optimized bed capacity of hospitals to improve medical resource utilization.

Tobit regression analysis showed that the stage of the public health emergency was significantly associated with efficiency. Compared to the rising stage, hospitals were less efficient during the declining stage. This could be partly explained by the declining number of newly infected cases, which made the original medical resources relatively redundant, while it might also be related to the fact that the long-lasting, high-intensity work exhausted the medical staff. Similar results also existed in a previous study that evaluated the efficiency of medical rapid response teams after the 2010 Yushu earthquake [19]. To improve utilization efficiency, it was advised to adjust the allocation of medical resources dynamically according to the process of the public health emergency.

The hospital type had no significant impact on TE and SE in our study. However, the tertiary hospitals strengthened the PTE significantly compared with non-tertiary hospitals. The tertiary hospitals had no significant technical advantages over non-tertiary hospitals, and the

hospital type was not the determinant of TE in hospitals.

This study applied DEA and Tobit regression to comprehensively evaluate hospitals' efficiency in the public health emergency and determine its influencing factors. However, this study has some limitations. First, the hospitals included in this study were located in specific regions in Shanghai. It suggests caution in applying these results in other regions, and future studies including hospitals from multiple regions should be conducted to verify our findings. Second, owing to limited data availability, a limited number of variables were included in the analysis to evaluate efficiency, which cannot comprehensively reflect hospital activity. Further research incorporating more significant information is preferable for in-depth analysis.

**Conclusions.** It is crucial to assess hospital efficiency and optimize medical resource allocation in the public health emergency, which is beneficial for alleviating pressure on healthcare systems. In our study, the TE of hospitals can be attributed to poor PTE, which highlights the pressing need for better management and organization. The efficiency of hospitals was significantly affected by bed capacity, bed-to-nurse ratio, and emergency stage, which decision-makers should consider while allocating medical resources.



**Information about the authors:**

Lulu Zhang – PhD, Professor, Faculty of Military Health Services, Naval Medical University, China, 200433, Shanghai, Yangpu, Xiangyin Road, 800; e-mail: zllrmit@163.com

**Сведения об авторах:**

Чжан Лулу – доктор наук, профессор кафедры санитарной службы Военно-морской медицинский университет, Китай, 200433, Шанхай, Янпу, дорога Сянъинь, 800; e-mail: zllrmit@163.com

**Author contribution.** Author according to the ICMJE criteria participated in the development of the concept of the article.

**Вклад автора.** Автор подтверждает соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE.

**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: 10.10.2025

Принята к печати/Accepted: 15.12.2025

Опубликована/Published: 30.12.2025

**ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES**

1. Zhu J., Song X. Changes in efficiency of tertiary public general hospitals during the reform of public hospitals in Beijing, China. *The International journal of health planning and management*. 2022, 37(1), 143-155.
2. Yue J., Zhou Y., Ning J., et al. Efficiency and productivity of county-level traditional Chinese medicine hospitals in Hubei Province, China, A retrospective study based on 17 years of panel data. *The International journal of health planning and management*. 2021, 36(4), 1308-1325.
3. World Medical A. World Medical Association Declaration of Helsinki, ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*. 2013, 310(20), 2191-2194.
4. Charnes A., Cooper W. W., Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*. 1978, 2(6), 429-444.
5. Banker R. D., Charnes A., Cooper W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management science*. 1984, 30(9), 1078-1092.
6. Kumar S., Gulati R. An examination of technical, pure technical, and scale efficiencies in Indian public sector banks using data envelopment analysis. *Eurasian Journal of Business and Economics*. 2008, 1(2), 33-69.
7. Taib C. A., Ashraf M. S., Razimi M. S. Technical, pure technical and scale efficiency, A non-parametric approach of Pakistan's insurance and takaful industry. *Academy of accounting and financial studies journal*. 2018, 22, 1-11.
8. Khushalani J., Ozcan Y. A. Are hospitals producing quality care efficiently? An analysis using Dynamic Network Data Envelopment Analysis (DEA). *Socio-economic planning sciences*. 2017, 60, 15-23.
9. Chen S., Wu Y., Chen Y., et al. Analysis of operation performance of general hospitals in Shenzhen, China, a super-efficiency data envelopment analysis. *Lancet*. 2016, 388, S57.
10. Piubello Orsini L., Leardini C., Vernizzi S., Campedelli B. Inefficiency of public hospitals, a multistage data envelopment analysis in an Italian region. *BMC health services research*. 2021, 21(1), 1281.
11. Wang X., Luo H., Qin X., Feng J., Gao H., Feng Q. Evaluation of performance and impacts of maternal and child health hospital services using Data Envelopment Analysis in Guangxi Zhuang Autonomous Region, China, a comparison study among poverty and non-poverty county level hospitals. *Int J Equity Health*. 2016, 15(1), 131.
12. Mukhyber S. J., Dahir Abdulhade Abdulah A. D. M. Effect Z-score Normalization on Accuracy of classification of liver disease. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*. 2021, 12(14), 658-662.
13. Cheng Z., Tao H., Cai M., et al. Technical efficiency and productivity of Chinese county hospitals, an exploratory study in Henan province, China. *BMJ Open*. 2015, 5(9), e007267.
14. Antunes B. B. P., Bastos L. S. L., Hamacher S., Bozza F. A. Using data envelopment analysis to perform benchmarking in intensive care units. *PLoS ONE*. 2021, 16(11), e0260025.
15. Ren H. F., Chen F. J., He L. X., et al. Nursing allocation in isolation wards of COVID-19 designated hospitals, a nationwide study in China. *BMC Nurs*. 2022, 21(1), 23.
16. Zhan Y. X., Zhao S. Y., Yuan J., et al. Prevalence and Influencing Factors on Fatigue of First-line Nurses Combating with COVID-19 in China, A Descriptive Cross-Sectional Study. *Curr Med Sci*. 2020, 40(4), 625-635.
17. Ilgun G., Sonmez S., Konca M., Yetim B. Measuring the efficiency of Turkish maternal and child health hospitals, A two-stage data envelopment analysis. *Eval Program Plann*. 2022, 91, 102023.
18. Giancotti M., Guglielmo A., Mauro M. Efficiency and optimal size of hospitals, Results of a systematic search. *PLoS ONE*. 2017, 12(3), e0174533.
19. Liu X., Tang B., Yang H., Liu Y., Xue C., Zhang L. The Technical Efficiency of Earthquake Medical Rapid Response Teams Following Disasters, The Case of the 2010 Yushu Earthquake in China. *International journal of environmental research and public health*. 2015, 12(12), 15390-15399.

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МУЛЬТИПЛЕКСНОЙ ДЕТЕКЦИИ ПАТОГЕНОВ: ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Ши Ивэй, Фан Лэтянь, Цао Гуанвэнь\*

Военно-морской медицинский университет, Шанхай, Китай

Шанхайская ключевая лаборатория медицинской защиты, Шанхай, Китай

**ВВЕДЕНИЕ.** Патогены инфекционных заболеваний обладают такими характеристиками как видовое разнообразие и геномная сложность, что делает их быструю и точную совместную детекцию серьёзной задачей современности. Микрофлюидные технологии, благодаря своим преимуществам, таким как миниатюризация, функциональная интеграция, высокая пропускная способность и воспроизводимость, демонстрируют огромный потенциал в этой области.

**ЦЕЛЬ.** Провести систематическое обобщение последних достижений в области многофункциональных микрофлюидных диагностических устройств, изучить возможность их применения при наличии нескольких патогенов, а также технические ограничения и перспективные направления их клинического применения.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** В данной статье рассматриваются многофункциональные устройства для детекции, основанные на таких распространённых технологических подходах, как электрохимические сенсоры, оптические сенсоры, иммуносенсоры и бумажные микрофлюидные платформы; особое внимание уделяется инновационным методам использования микрофлюидной технологии амплификации нуклеиновых кислот для повышения чувствительности детекции.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** Различные типы микрофлюидных устройств значительно повысили эффективность и интеграцию детектирования патогенов. При этом микрофлюидная технология амплификации нуклеиновых кислот благодаря инновационным решениям продемонстрировала значительный потенциал в оптимизации чувствительности. Однако, перекрёстное взаимодействие между анализируемыми веществами, по-прежнему остается ключевым фактором, влияющим на эффективность совместного тестирования.

**ОБСУЖДЕНИЕ.** Несмотря на значительный прогресс в области технологий, совместная детекция патогенов по-прежнему сталкивается с вызовами, связанными с разнообразием, сложностью и надёжностью практического применения. В будущем развитие должно быть направлено на повышение универсальности, стабильности и экономической эффективности платформы.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Мультиплексная микрофлюидная технология детектирования уже достигла значительных успехов в диагностике инфекционных заболеваний и обладает широкими перспективами клинического применения. Дальнейшее технологическое развитие является ключом к внедрению данных технологий в клиническую практику.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** морская медицина, микрофлюидика, мультиплексная детекция, патогены, чувствительность

\*For correspondence: Cao Guangwen, e-mail: [gcao@smmu.edu.cn](mailto:gcao@smmu.edu.cn)

\*Для корреспонденции: Цао Гуанвэнь, e-mail: [gcao@smmu.edu.cn](mailto:gcao@smmu.edu.cn)

**For citation:** Shi Yiwei, Fang Letian, Cao Guangwen. Application of multiplex pathogen detection technology: achievements and prospects // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, № 4. P. 28–38, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-28-38>; EDN: <https://elibrary.ru/VOTXRO>

**Для цитирования:** Ши Ивэй, Фан Лэтянь, Цао Гуанвэнь. Применение технологии мультиплексной детекции патогенов: достижения и перспективы // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 4. С. 28–38, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-28-38>; EDN: <https://elibrary.ru/VOTXRO>

## APPLICATION OF MULTIPLEX PATHOGEN DETECTION TECHNOLOGY: ACHIEVEMENTS AND PROSPECTS

*Shi Yiwei, Fang Letian, Cao Guangwen\**

Naval Medical University, Shanghai, China

Shanghai Key Laboratory of Medical Defense, Shanghai, China

**INTRODUCTION.** Infectious disease pathogens exhibit species diversity and genomic complexity, making their rapid and accurate combined detection a major challenge today. Microfluidic technologies, with their advantages such as miniaturization, functional integration, high throughput, and reproducibility, demonstrate enormous potential in this field.

**OBJECTIVE.** To systematically summarize the latest advances in multifunctional microfluidic diagnostic devices, explore the feasibility of their use in the presence of multiple pathogens, as well as technical limitations and promising areas for their clinical application.

**MATERIALS AND METHODS.** This article reviews multifunctional detection devices based on common technological approaches such as electrochemical sensors, optical sensors, immunosensors, and paper-based microfluidic platforms, with a particular focus on innovative methods for using microfluidic nucleic acid amplification technology to improve detection sensitivity.

**RESULTS.** Various types of microfluidic devices have significantly improved the efficiency and integration of pathogen detection. Thanks to innovative solutions, microfluidic nucleic acid amplification technology has demonstrated significant potential for optimizing sensitivity. However, cross-reactivity between analytes remains a key factor affecting the effectiveness of combined testing.

**DISCUSSION.** Despite significant technological advances, collaborative pathogen detection still faces challenges related to the diversity, complexity, and reliability of practical applications. Future developments should focus on improving the platform's versatility, stability, and cost-effectiveness.

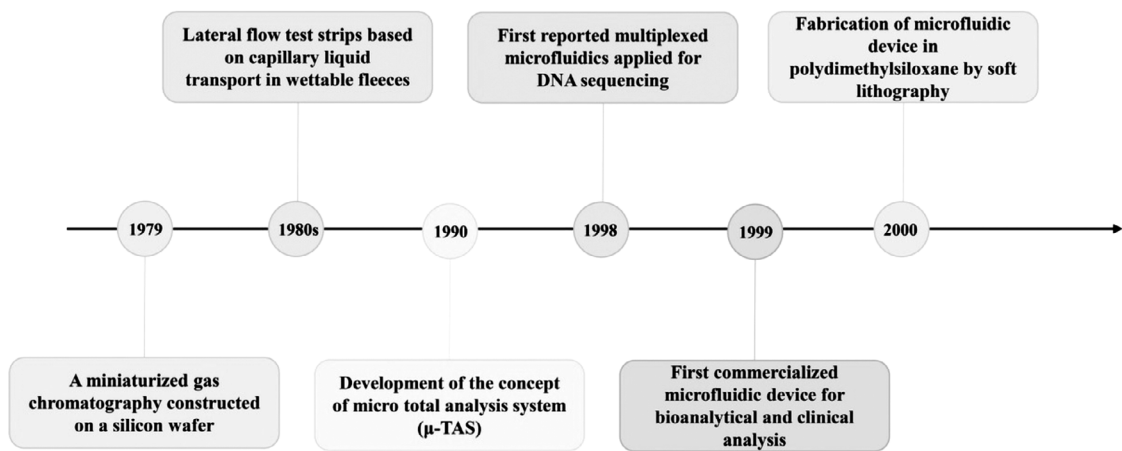
**CONCLUSION.** Multiplexed microfluidic detection technology has already achieved significant success in infectious disease diagnostics and holds broad clinical application potential. Further technological development is key to implementing these technologies into clinical practice.

**KEYWORDS:** marine medicine, maritime medicine, microfluidics, multiplex detection, pathogens, sensitivity

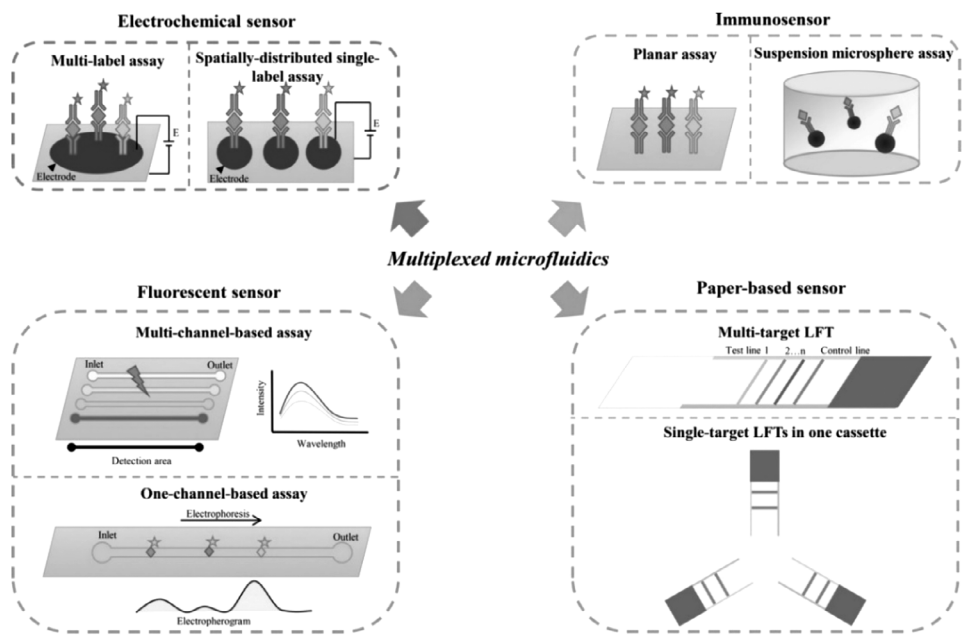
**Introduction.** Infectious diseases are a major challenge to global public health and seriously threaten human health. According to the World Health Organization (WHO) Global Health Statistics 2019 report, infectious diseases rank fourth among the causes of death worldwide, and are particularly serious in developing countries due to poor sanitation and lack of medical resources. It is worth noting that developed countries also face multiple challenges such as food safety, outbreaks of infectious diseases and sexually transmitted diseases [1]. With the continuous emergence of new pathogens, the development of rapid and economical multiplex pathogen detection technology is of great significance to curb the spread of infection. Early diagnosis and precise treatment are key links in the prevention and control of infectious diseases. Therefore, the development of efficient pathogen detection technology has important scientific value and practical significance. Microfluidics has become a research hotspot in this field due to its unique advantages in pathogen detection. This technology platform provides strong support for the development of efficient detection methods

through its excellent flexibility and functionality (Fig. 1). The core of microfluidics technology lies in the design of its micron-level channels, which can handle very small amounts of liquid (10<sup>-9</sup>–10<sup>-18</sup> L), thereby achieving high sensitivity and high throughput detection [2]. Over the past decade, microfluidics has made significant progress, particularly in integrating complex functional units into miniaturized platforms. These platforms are typically only centimeters in size, or even smaller, yet possess extremely powerful functions, enabling multiple processes such as specimen pretreatment, reaction, detection, and cell culture [3, 4]. Furthermore, combining various biosensors with microfluidics has further expanded its applications in pathogen detection. This combination not only enables rapid diagnosis and highly repeatable testing but also significantly improves the cost-effectiveness of detection. These characteristics make microfluidics a promising field for pathogen detection, providing strong support for the early diagnosis and control of infectious diseases.

Based on their detection principles, multi-mode microfluidic devices can be categorized into elec-



**Fig. 1.** Timeline for the development of microfluidic technology and multiplexed microfluidics  
**Рис. 1.** Хронология развития микрофлюидной технологии и мультиплексной микрофлюидики



**Fig. 2.** Schematic representation for multiplexed microfluidics  
**Рис. 2.** Схематическое изображение мультиплексной микрофлюидики

trochemical sensor-based, optical sensor-based, immunosensor-based, and paper-based multi-mode microfluidic technologies (Fig. 2). Each of these technologies has its advantages and is suitable for different detection scenarios and practical needs. Electrochemical sensors have attracted widespread attention due to their high sensitivity and rapid response; optical sensors, with their multi-channel detection capabilities and high sensitivity, are widely used in the detection of complex samples; immunosensors use specific antibody-antigen binding to achieve highly selective and sensitive detection; and paper-based multi-mode microfluidic technology, with its low

cost and portability, has become an ideal choice for rapid on-site detection. This review systematically summarizes the design of multi-mode microfluidic chips to achieve simultaneous detection, reduce cross-reactivity, and improve sensitivity.

**Multi-microfluidic technology**  
**Multi-microfluidic technology based on electrochemical sensors**

Electrochemical methods, including amperometric, impedance, and voltammetric methods, have been widely used in the detection of infectious diseases. The working principle of an elec-

trochemical sensor is that the biochemical reaction between the analyte and the recognition element fixed on the electrode causes a change in the electronic signal, which is then converted by the sensor [5]. In microfluidic technology, the combination of electrochemical sensors and micro-channels significantly shortens the diffusion distance between reactants, thereby accelerating the interaction between the recognition element and the target analyte. This design not only improves detection efficiency but also enhances the sensitivity and specificity of detection [6].

In the multi-target analysis of infectious diseases, the key is to accurately distinguish two or more signals while minimizing mutual interference. To improve the selectivity of electrochemical sensors, there are two methods, which are divided according to the number of tags in a device.

The first method is to integrate multiple tags into the microfluidic device. This method is achieved by immobilizing multiple antibodies on one electrode. For example, researchers have successfully constructed a multi-label electrochemical sensor by co-immobilizing two antibodies on the surface of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles. This sensor distinguishes signals by observing different voltammetric peaks generated by different probes, thus achieving simultaneous detection of multiple pathogens [7].

The second method is spatially distributed single-label detection using an electrode array. This method uses a patterned microelectrode array based on microfluidic technology, capable of simultaneously and independently sensing multiple ions in an electrolyte solution [8]. A major problem with this method is the mutual interference between adjacent electrodes. To address this, researchers have proposed various electrode spatial separation methods, such as independent channel or chamber designs, which can effectively reduce signal interference between electrodes [9]. Electrochemical sensors integrated into microfluidic technology provide a promising platform for infection detection because they do not require external instruments and are compatible with integrated circuits, making them relatively suitable for point-of-care applications. However, the design and application of electrochemical sensors must be customized according to specific needs, including the type of target pathogen, the characteristics of the biological sample, and the sample preparation method [10]. Currently, the

level of system integration and automation still needs improvement to further optimize the detection process and increase detection efficiency. The integration of microfluidic technology with electrochemical sensors provides a promising platform for infection detection. This platform requires no external instrumentation and is compatible with integrated circuits, making it suitable for point-of-care applications.

### **Multiplex Microfluidics Based on Optical Sensors**

Optical sensors have attracted much attention due to their significant advantages in rapid multiplex detection of infectious diseases. These sensors can complete detection in a short time (within 15 minutes) [14]. Optical sensors emit signals of different wavelengths, enabling them to detect multiple pathogens simultaneously, thereby significantly improving detection efficiency and accuracy [15].

Fluorescent sensors are classified into the following categories based on their detection principles and design characteristics: First, multichannel sensors, which can detect multiple biomarkers simultaneously and in parallel. For example, researchers have developed a multichannel droplet array chip pre-loaded with detection reagents in a “water-in-oil” form for bacterial lysis, RNA extraction, and pathogen detection [16]. Although this design has been widely used in multiplex detection, its application is limited by the need for external fluid control and the large size of the equipment. Second, single-channel multiplex sensors based on various separation techniques, in which a single tag is used for detection. Microfluidic electrophoresis technology has been developed for the separation and enrichment of targets [17]. The core of this technology lies in achieving efficient separation and enrichment of targets through electrophoresis. Specifically, it includes two basic steps: first, the specific binding of the probe to the target; second, the separation and differentiation of the target by electrophoresis. Third, the use of multicolor probes to distinguish the signal. This method can simultaneously detect multiple targets by using fluorescent probes of different colors, thus achieving multiple detection. However, this method is limited by the number of available probes and the mutual interference between different probes. All three methods are homogeneous sensors, in

which the optical sensor floats in the solution and is detected by the fluorescence signal in the solution. In multiplex microfluidics, different probes must be used to distinguish various fluorescence signals to achieve multiple detection [18]. In optical sensor-type microfluidics that do not require external instruments, colorimetric sensors have received widespread attention due to their ease of operation, low cost, and ability to determine positive results by observing color changes with the naked eye. Calcein is a commonly used colorimetric indicator that allows to determine positive results by observing color changes with the naked eye, thereby detecting pathogens [19]. In addition, hydroxynaphthol blue, as an auxiliary indicator, does not inhibit the sensitivity of calcein, so it can be used in combination with calcein to improve the accuracy and reliability of detection [20]. In addition to calcein and hydroxynaphthol blue, naked-eye monitoring by observing precipitates or DNA-binding dyes has also been incorporated into microfluidic technology. These methods indicate the presence of target substances through color changes or the formation of precipitates, thereby enabling rapid detection of pathogens. However, these colorimetric sensors still face some challenges in practical applications, such as limited detection sensitivity and the possibility of color changes being affected by environmental factors [21–23].

**Multiplex Microfluidics Based on Immunosensors** Immunosensor technology is a detection technique based on the binding of target antigens to specific antibodies or antigens, enabling the detection of various pathogens, biomolecules, and small molecules with high sensitivity and selectivity. Multiplex microfluidics based on immunosensors can be divided into planar detection and suspended microsphere detection. In two-dimensional (2D) planar multiplex detection, the surface of the microfluidic chip forms a heterogeneous pattern by fixing multiple capture ligands to spatially discrete micro-dots. For example, a thermoplastic microfluidic device fabricated using laser-assisted protein micropatterning technology can detect four cancer-related biomarkers [25]. Planar microfluidic detection can be further divided into spatial segmentation, temporal segmentation, frequency segmentation, and barcode multiplexing [26]. In three-dimensional (3D) suspended arrays, microspheres serve as substrates to capture antibodies or target anti-

gens in solution, forming a homogeneous pattern. Unlike planar detection, which relies on planar position for identification, microspheres use classifiers such as size or internal fluorophores for detection allocation [27]. Immunomagnetic assays serve as a highly efficient pathogen capture platform. Pathogens can be efficiently separated and enriched by using magnetic beads of varying sizes and magnetite content carrying pathogen-specific biotinylated recombinant phages [28]. Planar heterogeneous immunoassays benefit from high surface-to-volume ratios, while homogeneous suspension assays use multiplexing and electrophoretic separation techniques in microfluidics. The combination of microfluidics and immunoassays solves many problems in traditional immunoassays; they are characterized by low reagent and sample consumption, rapid antibody-antigen interaction due to high surface-to-volume ratios and small length scales, and high reproducibility and throughput due to automated fluid handling [29]. Despite the significant advantages of microfluidic immunosensors in pathogen detection, current devices still face many limitations in terms of system integration, sensitivity, and multiplexing capabilities. To improve the practicality and convenience of these devices, the integration of sample pretreatment and data analysis must be strengthened. Furthermore, the sensitivity of immunosensors can be further enhanced by using different tags and introducing signal transduction pathways. Currently commonly used tags include metal tags, redox tags, optical tags, and enzyme tags. Enzyme tags catalyze the conversion of substrates into detectable products, and their numbers increase exponentially, thus significantly amplifying the signal and improving sensitivity. Alkaline phosphatase and horseradish peroxidase are representative enzyme markers [30, 31]. Optical markers, on the other hand, identify and locate antigens in specimens by linking to antibodies, reacting with antigens, and generating light signals emitted by antigen-antibody complexes. These signals can be observed under a microscope or a charge-coupled device camera.

**Due to its hydrophilicity and porosity, paper-based multi-channel microfluidics exhibits many significant advantages over traditional capillary microfluidics, such as small size, low cost, the ability to operate liquids without complex equipment, and ease of manufacturing, thus providing an innovative and efficient method for**



**pathogen detection. Microfluidic paper-based analytical devices ( $\mu$ PADs) and lateral flow tests (LFTs), as typical representatives of paper-based multiplexing microfluidics in infectious disease detection, have been widely used.** The conversion between two-dimensional and three-dimensional structures can be achieved by folding, bending, and twisting paper, thereby establishing multi-layer microfluidic channel connections between layers [33]. This design not only improves the flexibility and multifunctionality of detection but also provides a more effective platform for the multiplex quantitative detection of various analytes. In particular, the 3D- $\mu$ PAD with a multi-layer fluid network has a particularly prominent advantage in multiplex quantitative analysis, capable of simultaneously detecting multiple pathogens and significantly improving detection efficiency and accuracy [34]. LFT has long been widely used in the detection of human chorionic gonadotropin (hCG) for self-monitoring of pregnancy. A typical LFT device consists of a sample pad, a conjugate pad, a nitrocellulose membrane, and an absorbent pad. The sample pad ensures sufficient contact between the liquid sample and the test strip; the conjugate pad is pre-loaded with biomarkers conjugated to specific molecules, which can bind to the target analyte and generate a detectable signal; the nitrocellulose membrane is the core region that immobilizes the trapped molecules for specific binding to the target analyte; the absorbent pad collects excess liquid by driving capillary forces, thereby maintaining the flow balance of the test strip [35–36].

Based on the design of LFT and methods to improve its reusability, LFT-based reusable detection can be divided into the following types. The first type integrates multiple single-target LFTs into the same detection kit. This method is relatively simple for multi-target LFTs. In recent years, researchers have developed a variety of innovative LFT designs, such as multi-directional designs (including origami-style, peace sign-style, orthogonal sign-style, and disc designs), bidirectional detection, and multi-line detection (such as tree-like and forked signs). The second type integrates multi-target detection into a single LFT, applying strategies such as: using spatial isolation within the same detection area (point or line) to observe different targets; using different signal converters for multiple tags on a single de-

tection line; and using barcode-assisted design [38–41].

### **Nucleic Acid Amplification Methods in Multiplex Microfluidic Technology**

In recent years, the combination of microfluidic technology and nucleic acid amplification technology has made significant progress in the field of infectious disease detection. Polymerase chain reaction (PCR), as a classic nucleic acid amplification technology, is widely used for the amplification of specific DNA fragments. For PCR technology, researchers have designed two types of microfluidic devices. The first is fixed-chamber PCR microfluidic technology, which working principle is similar to traditional PCR equipment, where PCR reagents are fixed in the reaction chamber, and nucleic acid amplification is achieved through temperature cycling. This design retains the advantages of precise temperature control in traditional PCR while improving reaction efficiency and portability by leveraging the miniaturization of microfluidic chips. The second is continuous-flow PCR microfluidic technology, which accelerates the analysis process by providing fluid flow between two or three fixed heaters. Compared with fixed-chamber PCR microfluidic technology, continuous-flow PCR microfluidic technology does not require complex temperature cycling equipment, enabling faster nucleic acid amplification, and is particularly suitable for scenarios requiring rapid detection, such as on-site point-of-care testing. The development of microfluidic PCR technology has not only improved the efficiency of nucleic acid amplification, but also provided new technical means for the rapid and accurate detection of infectious diseases. Multiplex polymerase chain reaction (mPCR), as a highly efficient multi-target pathogen detection technology, achieves simultaneous amplification of multiple targets by designing multiple primers complementary to the target gene and mixing them in the same reaction unit or physically isolating them into different units. Currently, mPCR technology has developed various methods, including standard endpoint methods based on gel or capillary electrophoresis, probes labeled with different fluorophores, and intercalation dyes based on melt curve analysis. In probe-based multiplex detection, the detection results are identified by detecting dyes with different fluorescent colors, among which mul-

tiplex probes include TaqMan hydrolysis probes and molecular beacons. However, the limitation of fluorescence channels means that probe-based multiplex detection can usually only detect a maximum of six sequences [43]. To overcome this limitation, combinatorial probe encoding technology has emerged, which combines fluorescent groups into as many indicator probes as possible, and can simultaneously amplify up to ten target fragments even with limited detection channels, significantly improving detection efficiency. Microfluidic mPCR technology, based on microfluidics, pre-fills microchambers with different primer pairs and uses precise fluid control to split samples into different microwells for spatially independent and specific PCR, effectively avoiding non-specific amplification caused by the formation of dimers or polymers between nucleotide chains. Furthermore, the combination of microfluidics and PCR can divide samples into thousands or even millions of tiny units, enabling digital detection, also known as digital PCR. This technology has significant advantages in improving detection sensitivity and accuracy. However, when the template concentration is low, the probability of splitting the template into microwells containing specific primers decreases, potentially causing false negative results. Table 1 shows commercially available microfluidic devices for infectious disease detection.

## Summary and Outlook

In the field of pathogen detection, there is no absolutely optimal detection method, but rather only the most suitable technical solutions for detecting pathogens of different properties (Table 2). Microfluidic technologies based on electrochemical sensors, fluorescence sensors, and immunosensors, due to their high sensitivity and rapid response, can achieve multiplex detection of pathogens. Due to their ease of operation and lack of external analytical equipment, microfluidic technologies, based on colorimetric sensors, have become an easy-to-implement pathogen detection method. Surface-enhanced Raman scattering (SERS) technology, with its non-invasive detection advantage, has become an ideal choice for non-destructive testing. However, while these types of multi-pathogen microfluidic technologies perform well in laboratory environments, they have certain limitations in field testing scenarios. In contrast, due to their portability and ability to manipulate liquids without external

equipment, microfluidic paper-based analytical devices and transverse flow assays can meet the needs for field pathogen detection. Material sustainability is also an important consideration in the early stages of device design. Currently, most microfluidic devices are made from unsustainable fossil polymers, the disposal of which often requires incineration, resulting in additional carbon dioxide emissions and toxic chemicals. Therefore, sustainable materials, such as recyclable and biodegradable plastics and natural fibers, should be prioritized in development and production to reduce environmental impact.

Microfluidic technology still holds great promise for the simultaneous detection of multiple pathogens. First, the isolation and purification of pathogens from complex clinical samples remains a pressing problem. Direct pathogen detection is difficult to achieve without appropriate sample preparation steps. Microfluidic technology has multiple functions, such as cell capture, enrichment, and nucleic acid extraction and purification [47, 48]. Microfluidics based on size exclusion filtration has been applied to the capture and enrichment of pathogens. The principle is to use the physical properties of nanoparticles or microbeads with high specific surface areas, combined with rapid diffusion and dielectrophoresis techniques in microfluidics [49–52].

Primer design constitutes the second major challenge in multiplex nucleic acid detection. Given the limited number of target nucleic acids, separating samples for parallel single-nucleic acid amplification is impractical. Currently, researchers have designed specific single primer sets and multiple primer sets for multiplex nucleic acid amplification, aiming to reduce sample and reagent consumption. However, the difference in amplification efficiency between different primers often causes reduced detection sensitivity. Using single primer sets targeting phylogenetically conserved sequences, nucleic acid amplification can achieve the detection of a wide range of pathogens without sacrificing sensitivity [53]. Furthermore, broad-spectrum PCR can identify unknown, variant, or emerging causes of disease infection [54]. Microfluidic chip sequencing and high-resolution melting curve analysis have been used to detect pathogens without amplicon, providing a better option for large-scale pathogen identification [55–57]. Finally, research should not be limited to laboratories and specialized operators; improving the scalability of multiplex

detection devices is crucial. For example, microfluidic materials commonly used in academic laboratories (such as polydimethylsiloxane) are not suitable for large-scale production, while tra-

ditional soft lithography techniques are not only time-consuming but also have low throughput. In contrast, microfluidic paper-based analytical devices are more efficient and less expensive to pro-

Table 1

Summary of the commercial microfluidic devices used for infectious disease testing

Таблица 1

Краткая информация о коммерческих микрофлюидных устройствах, используемых для тестирования на инфекционные заболевания

Company	Website	Equipment Name	Technology	Detection Target
Cepheid	<a href="https://www.cephheid.com/">https://www.cephheid.com/</a>	GeneXpert®	PCR	NA
BioFire	<a href="https://www.biofiredx.com/">https://www.biofiredx.com/</a>	FilmArray®	Nested multiplex PCR	NA
BD	<a href="https://www.bd.com/">https://www.bd.com/</a>	BD MAX™	Real-time PCR	NA
Mobidiag	<a href="https://www.mobidiag.com">https://www.mobidiag.com</a>	Amplidiag® Novodiag®	Multiplex real-time PCR	NA
Baicare	<a href="https://www.bai-care.com">https://www.bai-care.com</a>	iChip-400 Onestart-1000	Isothermal amplification PCR	NA
Curetis	<a href="https://www.curetis.com">https://www.curetis.com</a>	Unyvero A50	Multiplex PCR	NA
GenePOC	<a href="https://www.genepoc-diagnostics.com">https://www.genepoc-diagnostics.com</a>	Revogene®	PCR	NA
GeneMark	<a href="https://www.genmarkdx.com/">https://www.genmarkdx.com/</a>	ePlex®	Real-time PCR	NA
Lumex	<a href="https://www.lumex.com.cn/">https://www.lumex.com.cn/</a>	AriaDNA	Real-time qPCR	NA

NA: Nucleic acid; PCR, polymerase chain reaction  
NA: Нуклеиновая кислота; ПЦР, полимеразная цепная реакция

Table 2

Comparison of multiplex microfluidic techniques for simultaneous pathogen detection

Таблица 2

Сравнение мультиплексных микрофлюидных технологий для одновременного обнаружения патогенов

Types	Advantages	Disadvantages:
Electrochemical sensors	Easy to use; rapid analysis; high sensitivity; high repeatability; accuracy	Poor electrode stability;
Fluorescence sensors	High sensitivity; high selectivity; fast response	Sensitive to interference;
Colorimetric sensors	Fast and simple analysis; no external equipment required; low cost	Low sensitivity; limited quantitative capability; limited multiplex detection capability;
Surface-enhanced Raman scattering (SERS)	Fast analysis; small sample size; high sensitivity; high signal strength	Low repeatability; high cost; short lifespan; complex manufacturing;
Immunosensors	Fast analysis; high selectivity; high sensitivity; low cost; high repeatability	Non-specific binding;
Paper-based microfluidics	Small sample size; low cost; liquid manipulation without external equipment; easy to manufacture; miniaturization and portability; field detection	Limited sensitivity; limited quantitative capability; limited multiplex detection capability;
Multiplex PCR	Small sample size; high specificity; high sensitivity	False negative results may occur at low template concentrations; high-precision detection instruments are required.

duce. Furthermore, future microfluidic technologies for infectious disease detection need to meet the needs of end-users and the requirements of big data analytics. This can be achieved by integrating smartphone technology or AI-driven big data solutions.

#### Information about the authors:

*Shi Yiwei* – PhD, Lecturer, Naval Medical University, Shanghai Key Laboratory of Medical Defense, China, 200433, Shanghai, Yangpu, Xiangyin Road, 800; e-mail: shiyiwei9773@163.com

*Fang Letian* – MSc, Naval Medical University, Shanghai Key Laboratory of Medical Defense, China, 200433, Shanghai, Yangpu, Xiangyin Road, 800; e-mail: letianfang@163.com

*Cao Guangwen* – PhD, Professor, Doctoral Supervisor, Naval Medical University, Shanghai Key Laboratory of Medical Defense, China, 200433, Shanghai, Yangpu, Xiangyin Road, 800; e-mail: gciao@smmu.edu.cn

#### Сведения об авторах:

*Ши Ивэй* – доктор наук, преподаватель, Военно-морской медицинский университет, Шанхайская ключевая лаборатория медицинской защиты, Китай, 200433, Шанхай, Янпу, дорога Сянъинь, 800; e-mail: shiyiwei9773@163.com

*Фан Лэтянь* – магистр наук. Военно-морской медицинский университет, Шанхайская ключевая лаборатория медицинской защиты, Китай, 200433, Шанхай, Янпу, дорога Сянъинь, 800; e-mail: letianfang@163.com

*Цао Гуанвэнь* – доктор наук, профессор, научный руководитель докторантов, Военно-морской медицинский университет, Шанхайская ключевая лаборатория медицинской защиты, Китай, 200433, Шанхай, Янпу, дорога Сянъинь, 800; e-mail: gciao@smmu.edu.cn

**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 – Ши Ивэй, Фан Лэтянь, Цао Гуанвэнь; сбор данных – Ши Ивэй, Фан Лэтянь, Цао Гуанвэнь; анализ данных и выводы – Ши Ивэй, Фан Лэтянь, Цао Гуанвэнь; подготовка рукописи – Ши Ивэй, Фан Лэтянь, Цао Гуанвэнь.

**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:** ShI, FL, TcG contribution to the concept and plan of the study. ShI, FL, TcG contribution to data collection. ShI, FL, TcG contribution to data analysis and conclusions. ShI, FL, TcG contribution to the preparation of the manuscript.

**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: 10.10.2025

Принята к печати/Accepted: 15.12.2025

Опубликована/Published: 30.12.2025

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Batt C. A. Materials science. Food pathogen detection [J]. *Science*, 2007, 316 (5831), 1579–80.
2. Whitesides G. M. The origins and the future of microfluidics [J]. *Nature*, 2006, 442 (7101), 368–73.
3. Shi Y., Cai Y., Cao Y., et al. Recent advances in microfluidic technology and applications for anti-cancer drug screening [J]. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 2021, 134, 116118.
4. Park J., Han D. H., Park J. K. Towards practical sample preparation in point-of-care testing, user-friendly microfluidic devices [J]. *Lab Chip*, 2020, 20 (7), 1191–203.
5. Ayub K., Mohammad H., Nasrin S., et al. Electrochemical biosensing using N-GQDs, Recent advances in analytical approach [J]. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 2018, 105, S0165993618301663.
6. Labib M., Sargent E. H., Kelley S. O. Electrochemical Methods for the Analysis of Clinically Relevant Biomolecules [J]. *Chem Rev*, 2016, 116 (16), 9001–90.
7. Rong Q., Feng F., Ma Z. Metal ions doped chitosan–poly(acrylic acid) nanospheres, Synthesis and their application in simultaneously electrochemical detection of four markers of pancreatic cancer [J]. *Biosens Bioelectron*, 2016, 75, 148–54.
8. Wu C., Selberg J., Nguyen B., et al. A Microfluidic Ion Sensor Array [J]. *Small (Weinheim an Der Bergstrasse, Germany)*, 2020, 16(6), e1906436.
9. Li C., Fu Z., Li Z., et al. Cross-talk-free multiplexed immunoassay using a disposable electrochemiluminescent immunosensor array coupled with a non-array detector [J]. *Biosens Bioelectron*, 2011, 27 (1), 141–7.
10. Hsieh K., Ferguson B. S., Eisenstein M., et al. Integrated electrochemical microsystems for genetic detection of pathogens at the point of care [J]. *Acc Chem Res*, 2015, 48 (4), 911–20.
11. Zhang J., Yang Z., Liu Q., et al. Electrochemical biotoxicity detection on a microfluidic paper-based analytical device via cellular respiratory inhibition [J]. *Talanta*, 2019, 202, 384–91.
12. Nwankire C. E., Venkatanarayanan A., Glennon T., et al. Label-free impedance detection of cancer cells from whole blood on an integrated centrifugal microfluidic platform [J]. *Biosens Bioelectron*, 2015, 68, 382–9.

13. Salahandish R., Hassani M., Zare A., et al. Autonomous electrochemical biosensing of glial fibrillary acidic protein for point-of-care detection of central nervous system injuries [J]. *Lab Chip*, 2022, 22 (8), 1542-55.
14. Cooper M. A. Optical biosensors, where next and how soon? [J]. *Drug Discov Today*, 2006, 11 (23-24), 1061-7.
15. Liao Z., Zhang Y., Li Y., et al. Microfluidic chip coupled with optical biosensors for simultaneous detection of multiple analytes, A review [J]. *Biosens Bioelectron*, 2019, 126, 697-706.
16. Shu B., Lin L., Wu B., et al. A pocket-sized device automates multiplexed point-of-care RNA testing for rapid screening of infectious pathogens [J]. *Biosens Bioelectron*, 2021, 181, 113145.
17. Lu Y., Yu S., Lin F., et al. Simultaneous label-free screening of G-quadruplex active ligands from natural medicine via a microfluidic chip electrophoresis-based energy transfer multi-biosensor strategy [J]. *Analyst*, 2017, 142 (22), 4257-64.
18. Stanisavljevic M., Krizkova S., Vaculovicova M., et al. Quantum dots-fluorescence resonance energy transfer-based nanosensors and their application [J]. *Biosens Bioelectron*, 2015, 74, 562-74.
19. Zhang M., Liu J., Shen Z., et al. A newly developed paper embedded microchip based on LAMP for rapid multiple detections of foodborne pathogens [J]. *BMC Microbiol*, 2021, 21 (1), 197.
20. Wastling S. L., Picozzi K., Kakembo A. S., et al. LAMP for human African trypanosomiasis, a comparative study of detection formats [J]. *PLoS Negl Trop Dis*, 2010, 4 (11), e865.
21. Banerjee I., Aralaguppe S. G., Lapins N., et al. Microfluidic centrifugation assisted precipitation based DNA quantification [J]. *Lab Chip*, 2019, 19 (9), 1657-64.
22. Sharma S., Thomas E., Caputi M., et al. RT-LAMP-Based Molecular Diagnostic Set-Up for Rapid Hepatitis C Virus Testing [J]. *Biosensors (Basel)*, 2022, 12 (5).
23. Chen H., Das A., Bi L., et al. Recent advances in surface-enhanced Raman scattering-based microdevices for point-of-care diagnosis of viruses and bacteria [J]. *Nanoscale*, 2020, 12 (42), 21560-70.
24. Yang K., Zong S., Zhang Y., et al. Array-Assisted SERS Microfluidic Chips for Highly Sensitive and Multiplex Gas Sensing [J]. *ACS applied materials & interfaces*, 2020, 12 (1), 1395-403.
25. Kling A., Dirscherl L., Dittrich P. S. Laser-assisted protein micropatterning in a thermoplastic device for multiplexed prostate cancer biomarker detection [J]. *Lab Chip*, 2023, 23 (3), 534-41.
26. Gil Rosa B., Akingbade O. E., Guo X., et al. Multiplexed immunosensors for point-of-care diagnostic applications [J]. *Biosens Bioelectron*, 2022, 203, 114050.
27. Ellington A. A., Kullo I. J., Bailey K. R., et al. Antibody-based protein multiplex platforms, technical and operational challenges [J]. *Clin Chem*, 2010, 56 (2), 186-93.
28. Moeller M. E., Fock J., Pah P., et al. Evaluation of commercially available immuno-magnetic agglutination in comparison to enzyme-linked immunosorbent assays for rapid point-of-care diagnostics of COVID-19 [J]. *J Med Virol*, 2021, 93 (5), 3084-91.
29. Ngamsom B., Esfahani M. M., Phurimsak C., et al. Multiplex sorting of foodborne pathogens by on-chip free-flow magnetophoresis [J]. *Anal Chim Acta*, 2016, 918, 69-76.
30. Lin J. H., Yang Y. C., Shih Y. C., et al. Photoinduced electron transfer between Fe(III) and adenosine triphosphate-BODIPY conjugates, Application to alkaline-phosphatase-linked immunoassay [J]. *Biosens Bioelectron*, 2016, 77, 242-8.
31. Pinto V., Sousa P., Catarino S. O., et al. Microfluidic immunosensor for rapid and highly-sensitive salivary cortisol quantification [J]. *Biosens Bioelectron*, 2017, 90, 308-13.
32. Nilghaz A., Wicaksono D. H. B., Gustiono D., et al. Flexible microfluidic cloth-based analytical devices using a low-cost wax patterning technique [J]. *Lab Chip*, 2012, 12 (1), 209-18.
33. Noviana E., Ozer T., Carrell C. S., et al. Microfluidic Paper-Based Analytical Devices, From Design to Applications [J]. *Chem Rev*, 2021, 121 (19), 11835-85.
34. Clarke O. J. R., Goodall B. L., Hui H. P., et al. Development of a SERS-Based Rapid Vertical Flow Assay for Point-of-Care Diagnostics [J]. *Anal Chem*, 2017, 89 (3), 1405-10.
35. Soh J. H., Chan H.-M., Ying J. Y. Strategies for developing sensitive and specific nanoparticle-based lateral flow assays as point-of-care diagnostic device [J]. *Nano Today*, 2020, 30, 100831.
36. Wang X., Li F., Guo Y. Recent Trends in Nanomaterial-Based Biosensors for Point-of-Care Testing [J]. *Frontiers in chemistry*, 2020, 8, 586702.
37. Wu Y., Zhou Y., Leng Y., et al. Emerging design strategies for constructing multiplex lateral flow test strip sensors [J]. *Biosens Bioelectron*, 2020, 157, 112168.
38. Han M., Gong L., Wang J., et al. An octuplex lateral flow immunoassay for rapid detection of antibiotic residues, aflatoxin M1 and melamine in milk [J]. *Sensors and Actuators B, Chemical*, 2019, 292, 94-104.
39. Zhang D., Huang L., Liu B., et al. Rapid and Ultrasensitive Quantification of Multiplex Respiratory Tract Infection Pathogen via Lateral Flow Microarray based on SERS Nanotags [J]. *Theranostics*, 2019, 9 (17), 4849-59.
40. Di Nardo F., Alladio E., Baggiani C., et al. Colour-encoded lateral flow immunoassay for the simultaneous detection of aflatoxin B1 and type-B fumonisins in a single Test line [J]. *Talanta*, 2019, 192, 288-94.
41. Yang M., Zhang W., Zheng W., et al. Inkjet-printed barcodes for a rapid and multiplexed paper-based assay compatible with mobile devices [J]. *Lab Chip*, 2017, 17 (22), 3874-82.
42. Mullis K., Faloona F., Scharf S., et al. Specific enzymatic amplification of DNA in vitro, the polymerase chain reaction [J]. *Cold Spring Harb Symp Quant Biol*, 1986, 51, 263-73.
43. Madic J., Jovelet C., Lopez J., et al. EGFR C797S, EGFR T790M and EGFR sensitizing mutations in non-small cell lung cancer revealed by six-color crystal digital PCR [J]. *Oncotarget*, 2018, 9 (100), 37393-406.
44. Miotke L., Lau B. T., Rumma R. T., et al. High Sensitivity Detection and Quantitation of DNA Copy Number and Single Nucleotide Variants with Single Color Droplet Digital PCR [J]. *Anal Chem*, 2014, 86 (5), 2618-24.

45. Tanaka J., Nakagawa T., Shiratori A., et al. KRAS genotyping by digital PCR combined with melting curve analysis [J]. *Sci Rep*, 2019, 9 (1), 2626.
46. Gaňová M., Zhang H., Zhu H., et al. Multiplexed digital polymerase chain reaction as a powerful diagnostic tool [J]. *Biosens Bioelectron*, 2021, 181, 113155.
47. Chen X., Liang Z., Li D., et al. Microfluidic dielectrophoresis device for trapping, counting and detecting *Shewanella oneidensis* at the cell level [J]. *Biosens Bioelectron*, 2018, 99, 416-23.
48. Su Y., Tian Q., Pan D., et al. Antibody-Functional Microsphere-Integrated Filter Chip with Inertial Microflow for Size-Immune-Capturing and Digital Detection of Circulating Tumor Cells [J]. *ACS applied materials & interfaces*, 2019, 11 (33), 29569-78.
49. Kastania A. S., Petrou P. S., Loukas C. M., et al. Poly-L-histidine coated microfluidic devices for bacterial DNA purification without chaotropic solutions [J]. *Biomed Microdevices*, 2020, 22 (3), 44.
50. Ramachandran A., Huyke D. A., Sharma E., et al. Electric field-driven microfluidics for rapid CRISPR-based diagnostics and its application to detection of SARS-CoV-2 [J]. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2020, 117 (47), 29518-25.
51. Hu F., Li J., Zhang Z., et al. Smartphone-Based Droplet Digital LAMP Device with Rapid Nucleic Acid Isolation for Highly Sensitive Point-of-Care Detection [J]. *Anal Chem*, 2020, 92 (2), 2258-65.
52. Coudron L., McDonnell M. B., Munro I., et al. Fully integrated digital microfluidics platform for automated immunoassay, A versatile tool for rapid, specific detection of a wide range of pathogens [J]. *Biosens Bioelectron*, 2019, 128, 52-60.
53. Bouchiat C., Ginevra C., Benito Y., et al. Improving the Diagnosis of Bacterial Infections, Evaluation of 16S rRNA Nanopore Metagenomics in Culture-Negative Samples [J]. *Frontiers in microbiology*, 2022, 13, 943441.
54. Renvoisé A., Brossier F., Sougakoff W., et al. Broad-range PCR, past, present, or future of bacteriology? [J]. *Med Mal Infect*, 2013, 43 (8), 322-30.
55. Zhang H., Xu T., Li C. W., et al. A microfluidic device with microbead array for sensitive virus detection and genotyping using quantum dots as fluorescence labels [J]. *Biosens Bioelectron*, 2010, 25 (11), 2402-7.
56. Rezaei M., Radfar P., Winter M., et al. Simple-to-Operate Approach for Single Cell Analysis Using a Hydrophobic Surface and Nanosized Droplets [J]. *Anal Chem*, 2021, 93 (10), 4584-92.
57. Rolando J. C., Jue E., Barlow J. T., et al. Real-time kinetics and high-resolution melt curves in single-molecule digital LAMP to differentiate and study specific and non-specific amplification [J]. *Nucleic Acids Res*, 2020, 48 (7), e42.



## РАЗРАБОТКА РУССКОЯЗЫЧНОЙ ВЕРСИИ ОПРОСНИКА ОЦЕНКИ СКЛОННОСТИ К РИСКУ EVAR

*Е. Е. Смагина, Е. В. Кузнецова\*, В. В. Лукашов*

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

**ВВЕДЕНИЕ.** Склонность к риску – важнейший компонент суждений и принятия решений в экстремальных ситуациях. По результатам изучения склонности к риску у военнослужащих за период с 1983 по 2015 г. опросник EVAR является наиболее часто используемой мерой оценки «военного риска». В нашей статье описана разработка русскоязычной версии опросника EVAR.

**ЦЕЛЬ.** Провести верификацию русскоязычной версии опросника оценки склонности к риску EVAR.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** В исследовании приняли участие 2 группы мужчин в возрасте 18–36 лет: основная (142 абитуриента военного вуза) и дополнительная (35 военнослужащих, проходящих службу по призыву). Были применены следующие методы: перевод текста опросника с английского на русский язык, опрос с применением четырех методик (EVAR, «Исследование склонности к риску» А. Г. Шмелева, опросники «Модуль» и «Девиянтность»), определение психометрических характеристик методики (вычисление коэффициента Альфа–Кронбаха), сравнение зависимых выборок (парный критерий Стьюдента), корреляционный анализ (критерий Спирмена и Стьюдента), факторный анализ (метод вращения: варимакс с нормализацией Кайзера), анализ полученных в ходе расчетов данных. Статистическую обработку выполняли с помощью IBM SPSS Statistics 27.0.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** В проведенном исследовании при расчете описательных статистик были получены следующие показатели  $M (SD)$  склонности к риску – 1065,85 (179,7) баллов. Это означает, что 95,4 % данных общего показателя находятся в диапазоне 706,5–1425,6 баллов. В результате расчетов были получены данные, свидетельствующие о высокой стабильности результатов, получаемых по методике EVAR при повторном использовании, и их относительной независимости от влияния ситуационных факторов. Также результаты свидетельствуют о хорошей внутренней согласованности подготовленной русскоязычной версии методики. В подтверждение содержательной валидности методики между показателями опросника EVAR была выявлена статистически значимая прямая корреляционная связь заметной тесноты с опросником «Исследование склонности к риску» А. Г. Шмелева и две обратных корреляционных связи умеренной тесноты с опросниками «Модуль» и «Девиянтность». В результате статистической обработки при помощи метода анализа главных компонент были извлечены 7 ведущих компонент: целеустремленность, лидерство, инфантильность, энергичность, импульсивность, уверенность, смелость. По открытым данным было проведено сравнение склонности к риску американских, французских военных и российских абитуриентов военного вуза. Рассчитаны тестовые нормы для российской выборки.

**ОБСУЖДЕНИЕ.** Более низкие результаты склонности к риску в российской выборке можно объяснить отсутствием боевого опыта, а также ситуацией профессионально-психологического отбора, когда испытуемые стремятся предстать в лучшем свете, давая социально-желательные ответы. Факторная структура опросника, описанная французскими и американскими специалистами, не подтвердилась на российской выборке.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** На основании проведенного исследования была подготовлена и верифицирована русскоязычная версия методики EVAR, которую можно считать надежным и валидным психодиагностическим инструментом. Также были доказаны надежность–согласованность и ретестовая надежность методики. Факторный анализ обосновал правомерность выделенной 7-факторной структуры, отличной от оригинального французского варианта. Проверка содержательной валидности подтвердила данные о том, что опросник EVAR оценивает склонность к риску.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** морская медицина, склонность к риску, военнослужащие, EVAR

\*Для корреспонденции: Кузнецова Екатерина Вениаминовна, e-mail: [vmeda\\_37@mil.ru](mailto:vmeda_37@mil.ru)

\*For correspondence: Ekaterina V. Kuznetsova, e-mail: [vmeda\\_37@mil.ru](mailto:vmeda_37@mil.ru)

**Для цитирования:** Смагина Е. Е., Кузнецова Е. В., Лукашов В. В. Разработка русскоязычной версии опросника оценки склонности к риску EVAR // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 4. С. 39–48, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-39-48>; EDN: <https://eLibrary.ru/ATPBAW>  
**For citation:** Smagina E. E., Kuznetsova E. V., Lukashov V. V. Development of russian-language version of evar risk assessment questionnaire // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, № 4. P. 39–48, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-39-48>; EDN: <https://eLibrary.ru/ATPBAW>

## DEVELOPMENT OF RUSSIAN-LANGUAGE VERSION OF EVAR RISK ASSESSMENT QUESTIONNAIRE

*Ekaterina E. Smagina, Ekaterina V. Kuznetsova\*, Vasily V. Lukashov*  
Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

**INTRODUCTION.** Risk tolerance is a key component of judgment and decision-making in extreme situations. Based on the results of a study of risk tolerance among military personnel between 1983 and 2015, the EVAR questionnaire is the most frequently used measure of “military risk.” Our article describes the development of a Russian-language version of the EVAR questionnaire.

**OBJECTIVE.** Verify the Russian version of the EVAR risk assessment questionnaire.

**MATERIALS AND METHODS.** Two groups of young men aged 18–36 participated in the study: the main group (142 applicants to a military university) and the additional group (35 conscripts). The following methods were used: translation of the questionnaire text from English into Russian, conducting a survey using four methods (EVAR, A.G. Shmeleva’s Risk Propensity Study, Shmelev’s Risk Propensity Study, the “Module” questionnaire, the “Deviance” questionnaire), determination of the psychometric characteristics of the methodology (calculation of the Alpha Cronbach coefficient, comparison of dependent samples (paired Student’s t-test), correlation analysis (Spearman’s and Student’s t-tests)), factor analysis (rotation method: varimax with Kaiser normalization), analysis of data obtained during calculations. Statistical processing was performed using IBM SPSS Statistics 27.0.

**RESULTS.** In the study, the following indicators were obtained when calculating descriptive statistics: M(SD) risk propensity 1065.85 (179.7) points. This means that 95.4% of the data for the overall indicator is in the range of 706.5–1425.6 points. The calculations yielded data indicating the high stability of the results obtained using the EVAR methodology when reused and their relative independence from the influence of situational factors. The results also indicate good internal consistency of the prepared Russian-language version of the methodology. In confirmation of the content validity of the methodology, a statistically significant direct correlation of noticeable closeness was found between the EVAR questionnaire indicators and A.G. Shmelev’s Risk Propensity Questionnaire, and two inverse correlations of moderate closeness were found with the Modul and Deviance questionnaires. As a result of statistical processing using the principal component analysis method, seven leading components were extracted: purposefulness, leadership, infantilism, energy, impulsiveness, confidence, and courage. Based on open data, a comparison was made of the risk-taking tendencies of American, French military personnel, and Russian military academy applicants. Test norms were calculated for the Russian sample.

**DISCUSSION.** The lower risk-taking scores in the Russian sample can be explained by the lack of combat experience, as well as by the situation of professional and psychological selection, when subjects strive to present themselves in the best light by giving socially desirable answers. The factor structure of the questionnaire described by French and American specialists was not confirmed in the Russian sample.

**CONCLUSION.** Based on the study, a Russian-language version of the EVAR methodology was prepared and verified, which can be considered a reliable and valid psychodiagnostic tool. The reliability-consistency and retest reliability of the methodology were also proven. Factor analysis justified the validity of the identified 7-factor structure, which differs from the original French version. Content validity testing confirmed that the EVAR questionnaire assesses risk-taking tendencies.

**KEYWORDS:** marine medicine, maritime medicine, risk tolerance, military personnel, EVAR

**Введение.** Склонность к риску — это важная поведенческая черта военнослужащих, выполняющая ключевые адаптивные функции как в боевых, так и в не боевых условиях. Готовность идти на риск позволяет военнослужащим принимать быстрые решения в условиях неопределенности, эффективно действовать в стрессовых ситуациях и выполнять задачи, которые по своей природе связаны с опасностью и непредсказуемостью. Военные операции часто

требуют от личного состава решительных действий в неоднозначных или опасных ситуациях. Готовность к обдуманному риску может содействовать успеху операции, в то время как промедление или чрезмерная осторожность способны привести к упущенным возможностям или даже увеличить опасность для подразделения. Военная служба поощряет сплоченность и командные действия, что способствует разумному риску ради общего блага. Эффективные коман-

диры умеют балансировать между необходимостью риска и безопасностью, создавая условия для обдуманного, а не безрассудного риска. Оценка индивидуальной склонности к риску может помогать более эффективно распределять людей с определенными личностными характеристиками на соответствующие профессиональные задачи как для улучшения военной эффективности, так и для предотвращения неоправданных потерь [1].

Склонность к риску – важнейший компонент суждений и принятия решений в военных операциях. По результатам изучения склонности к риску у военнослужащих за период с 1983 по 2015 г. опросник EVAR является наиболее часто используемой мерой оценки военного риска [1]. В 1999 г. французскими специалистами (B. Sicard, E. Jouve, O. Blin, C. Mathieu) авиационного университета ERAU была разработана новая методика определения склонности к риску – шкала EVAR (фр. – *echelle analogique visuelle de risqué*) [2]. Методика состоит из 24 пунктов в виде визуальных аналоговых шкал. Различные примеры рискованного поведения расположены над 100-миллиметровой горизонтальной линией, на каждом конце которой находятся противоположные утверждения. Отвечающих просили провести вертикальную линию в той точке горизонтальной оси, которая лучше всего отражает их представления о себе в тот момент. Четырнадцать пунктов (1–4, 6, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 24) оцениваются в миллиметрах от левого конца линии до отметки респондента, а 12 пунктов (5, 7, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22) – от правого конца или по формуле «100-значение от левого конца». Каждый пункт опросника EVAR оценивается от 0 до 100 баллов. Размах возможных значений интегрального показателя по всем 24 пунктам варьирует от 0 до 2400 баллов. Преимуществом методики является быстрое заполнение бланка (занимает около 5 мин), нестандартная форма в виде визуальных аналоговых шкал и дробная детализация вариантов ответа (от 0 до 100).

**Цель.** Верификация русскоязычной версии опросника оценки склонности к риску EVAR.

**Материалы и методы.** Процедура разработки русскоязычной версии опросника оценки склонности к риску EVAR состояла из следующих этапов:

1. Перевод и подготовка текста методики на русский язык. Сбор данных для оценки диагно-

стической пригодности переведенного опросника;

2. Оценка психометрических характеристик опросника – расчет показателей надежности – согласованности пунктов методики с помощью вычисления коэффициента Альфа Кронбаха и расчет ретестовой надежности опросника в целом. Результаты сравнивали на основе данных исходного и повторного (через две недели) тестирования, выполненного в дополнительной группе;

3. Оценка содержательной валидности методики – выявление устойчивых взаимосвязей между показателями опросника EVAR и результатами тестирования по комплексу других, стандартизированных и релевантных по содержанию психодиагностических тестов, которые также использовали для оценки склонности к риску;

4. Оценка конструктивной валидности опросника – проверка структурной идентичности русскоязычной версии и оригинального варианта методики, по данным корреляционного и факторного анализа.

Опросник был создан французскими специалистами на французском языке, затем был переведен на английский язык. Мы сделали дословный перевод с английского языка на русский. Данные для оценки психометрических показателей опросника собирали в основной группе. Опросник заполнили 142 молодых мужчины в возрасте 18–36 лет. Ретестовую надежность опросника проверяли в дополнительной группе. В проверке приняли участие 35 человек. Статистическую обработку проводили с помощью IBM SPSS Statistics 27.0.

При проверке содержательной валидности подготовленной версии опросника оценки склонности к риску EVAR использовали следующие методики:

1. «Исследование склонности к риску» А. Г. Шмелева. Опросник А. Г. Шмелева состоит из 50 вопросов, предполагающих ответы «да» или «нет». Из них 10 вопросов оценивают достоверность ответов, 40 вопросов – выраженность склонности к риску [3].

2. Опросник «Модуль» предназначен для оценки эмоционально-волевой регуляции поведения (23 вопроса), личностных особенностей (48 вопросов) и социальной желательности ответов (13 вопросов). Интегральный показатель характеризует уровень нервно-психической

устойчивости<sup>1</sup>: неудовлетворительная, удовлетворительная, хорошая и высокая [4].

3. Опросник «Девиантность» состоит из 83 вопросов, относящихся к шкалам «Девиация», «Аддиктивное поведение» и «Социальная желательность». Интегральный показатель отражает степень склонности к девиантному поведению: высокая, умеренная, низкая, отсутствует [5].

**Результаты. Психометрические характеристики методики EVAR.** Полученные данные общего показателя склонности к риску в основной выборке имеют вид нормального распределения (при расчете критерия Колмагорова–Смирнова с поправкой Лиллиефорса;  $p = 0,200$ ; гистограмма имеет вид одного холма с симметричными склонами, график «колоколообразной» формы). Значение показателя  $M (SD)$  составило 1065,85 (179,7) балла. Это означает, что 95,4 % данных общего показателя находятся в диапазоне 706,5–1425,6 балла.

Следует отметить, что распределение общего показателя склонности к риску для двух обследований дополнительной группы не отличается от нормального (критерий Шапиро–Уилка;  $p = 0,748$ ; гистограмма имеет вид одного холма с симметричными склонами, график «колоколообразной» формы), поэтому был выбран парный критерий  $t$ -Стьюдента для зависимых выборок. Оценки общего показателя в двух обследованиях значимо коррелируют ( $r = 0,914$ ;  $p < 0,001$ ), и между ними нет статистически значимых различий ( $p = 0,748$ ). Это говорит о высокой стабильности результатов, получаемых по методике EVAR при повторном использовании и их относительной независимости от влияния ситуационных факторов.

Вычисления коэффициента Альфа Кронбаха для основной выборки составило 0,657, а для дополнительной выборки – 0,8. Для личностных тестов-опросников интервалом рекомендуемых значений Альфа-коэффициента является 0,7–0,8 [6]. В целом приведенные данные свидетельствуют о хорошей внутренней согласованности подготовленной русскоязычной версии методики.

<sup>1</sup>Нервно-психическая устойчивость – функциональная способность системы психической адаптации сохранять устойчивость и высокую эффективность психической деятельности как в обычных условиях, так и под воздействием экстремальных стрессовых факторов внешней среды (В.В.Юсупов, А.В.Корзунин, Д.В.Костин, 2014).

**Содержательная валидность методики EVAR.** С помощью корреляционного анализа (критерий Спирмена) была выявлена статистически значимая прямая корреляционная связь заметной тесноты с опросником «Исследование склонности к риску» А. Г. Шмелева и две обратных корреляционных связи умеренной тесноты с опросниками «Модуль» и «Девиантность» (табл. 1).

Для личностных тестов-опросников определен диапазон эмпирической валидности: 0,2–0,4 [6]. Это означает, что русскоязычный опросник EVAR по содержанию соответствует своему назначению – оценивать склонность к риску.

**Оценка конструктивной валидности опросника EVAR.** В ходе факторного анализа данные были подвергнуты анализу главных компонент (PCA), чтобы получить оптимальное факторное решение для EVAR на выборке российских абитуриентов.

В результате статистической обработки при помощи метода анализа главных компонент были извлечены 7 ведущих компонент, характеристики которых представлены в табл. 2.

Вклад каждой компоненты в суммарную дисперсию показателей склонности к риску был от 20,0 % для 1-й компоненты до 4,4 % для 7-й в порядке убывания. Общий накопленный вклад 7 компонент в суммарную дисперсию составил 58,2 %, исходя из чего можно сделать вывод о существенной доле показателей склонности к риску, объясняемых значениями отобранных компонент.

Факторная нагрузка для каждой из исследуемых переменных, позволяющая оценить корреляцию с отобранными компонентами, представлена в виде следующей матрицы, в которой наибольшие значения факторной нагрузки выделены жирным шрифтом (табл. 3).

Первой компоненте соответствовали высокие значения поиска спокойствия (п. 7), склонности к риску (п. 24), желание прыгнуть в воду с высокого трамплина (п.5), выбор опасного пути во время спешки (п. 8), предпочтение приключений (п. 6), желание покорить целый мир (п. 4), в связи с чем она была обозначена как «**Целеустремленность**».

Вторая компонента имела наиболее выраженные прямые корреляции с желанием руководить (п. 10) и укрепляющим действием угрожающих ситуаций (п.15), а также обратную корреляцию с готовностью к конфронтации (п. 9) и важно-

Таблица 1

Результаты корреляции показателя EVAR и других релевантных методик

Table 1

Results of the correlation between EVAR and other relevant methods

Общий показатель личностных опросников	Коэффициент корреляции (95 % ДИ) с общим показателем EVAR	p-value
Исследование склонности к риску А. Г. Шмелева	0,56 (0,42;0,65)	< 0,001*
«Модуль»	-0,26 (-0,41;-0,09)	= 0,003*
«Девиантность»	-0,38 (-0,51;-0,23)	< 0,001*

Примечание. \* – Различия показателей статистически значимы ( $p < 0,05$ )  
Note: \* – Differences between indicators are statistically significant ( $p < 0.05$ )

Таблица 2

Сводная таблица факторов с показателями дисперсии (характеристики отобранных компонент)

Table 2

Summary table of factors with variance indicators (characteristics of selected components)

Номер фактора (компоненты)	Собственные значения факторов (компонент)	Удельный вклад в дисперсию	
		% вариации исходных данных, объясненный данным фактором	Суммарный % вариации, объясненный всеми факторами до текущего включительно
1	4,8	20,0	20,0
2	2,8	11,6	31,6
3	1,5	6,4	38,0
4	1,4	5,8	43,8
5	1,3	5,5	49,3
6	1,1	4,5	53,8
7	1,0	4,4	58,2

стью скорости (п. 21). В связи с этим компонента была интерпретирована как «**Лидерство**».

Третья компонента имела наиболее выраженные прямые корреляции с желанием играть в азартные игры (п. 1) и ускорением на желтый свет светофора (п. 2), а также обратную корреляцию с готовностью прыгнуть в воду, чтобы спасти утопающего (п. 18) и уверенностью в себе (п. 13). В связи с этим компонента была интерпретирована как «**Инфантильность**»<sup>2</sup>.

Четвертая компонента объединила любовь к громкой (п. 12) и быстрой (п. 23) музыке,

<sup>2</sup>Инфантильность – незрелость эмоционально-волевой сферы человека, проявляется как несамостоятельность решений и действий, чувство незащищенности, пониженная критичность по отношению к себе, повышенная требовательность к заботе других о себе (А. В. Петровский, М. Г. Ярошевский). Также инфантильность рассматривается как теоретический конструкт, включающий эмоциональную незрелость, низкий уровень адаптации к реальности и склонность к избеганию ответственности (Е. В. Сабельникова, Н. Л. Хмелева, 2016)

мгновенное реагирование на опасность (п. 17), управление машиной на большой скорости (п. 22) и предпочтение оживленной дискуссии (п. 14). Данная компонента была определена как «**Энергичность**».

Пятая компонента имела наиболее выраженные прямые корреляции с бегством от опасной собаки (п. 16), предпочтением, чтобы работа не была заранее спланирована (п.19), мгновенное реагирование на опасность (п.17), а также предпочтение действий перед разумом (п. 11). В связи с этим компонента была интерпретирована как «**Импульсивность**».

Шестая компонента имела наиболее выраженные прямые корреляции с уверенностью в себе (п. 13), осознанием своей неправоты (п. 20), мгновенное реагирование при опасности (п. 17), а также обратную корреляцию с предпочтением приключений (п. 6). В связи с этим компонента была интерпретирована как «**Уверенность в себе**».

Таблица 3

## Матрица факторных нагрузок

Table 3

## Matrix of factor loads

Пункт опросника	Компонента						
	1	2	3	4	5	6	7
7	<b>,799</b>	-,049	,202	-,060	,250	-,016	,041
24	<b>,721</b>	-,030	,034	,193	,017	-,009	-,145
5	<b>,677</b>	,080	-,008	,163	,025	-,078	,175
8	<b>,649</b>	-,311	,036	,106	-,123	-,004	,030
6	<b>,568</b>	,225	,178	,159	,195	<b>-,440</b>	-,024
4	<b>,418</b>	-,220	,033	-,193	-,094	-,113	<b>,333</b>
9	,279	<b>-,615</b>	,088	-,100	,177	,021	,007
10	,127	<b>,606</b>	-,022	,020	-,023	,208	-,099
21	,283	<b>-,604</b>	,174	,154	,240	,016	-,149
15	,129	<b>,545</b>	-,362	,015	-,282	,178	-,205
1	,188	,023	<b>,717</b>	-,033	,245	,005	,162
2	,324	-,190	<b>,590</b>	,224	-,035	,237	,091
18	,115	,285	<b>-,530</b>	,008	-,141	,078	<b>,315</b>
13	-,091	,423	<b>-,502</b>	-,101	-,044	<b>,377</b>	-,104
12	,063	-,085	,081	<b>,714</b>	-,134	,012	-,036
23	,148	,140	-,045	<b>,619</b>	-,150	-,271	-,361
17	-,123	,152	-,335	<b>,544</b>	<b>,327</b>	<b>,294</b>	,180
22	,413	-,010	,233	<b>,525</b>	-,081	,006	,097
14	,204	-,028	-,009	<b>,512</b>	,198	-,021	<b>,410</b>
16	,113	,216	-,205	,044	<b>-,659</b>	,083	,075
11	,324	-,233	,029	-,069	<b>,651</b>	,114	,017
19	,077	-,046	,423	-,060	<b>,523</b>	-,444	,007
20	-,100	,325	,068	-,010	,008	<b>,728</b>	-,037
3	,030	-,054	,082	,027	-,052	-,025	<b>,811</b>

Седьмая компонента объединила быстрый спуск по незнакомой темной лестнице (п. 3), предпочтение оживленных дискуссий (п. 14), желание покорить целый мир (п. 4) и готовность прыгнуть в воду, чтобы спасти утопающего (п. 18). Данная компонента была определена как **«Смелость»**.

Возможность подобного вербального объяснения факторов свидетельствует о результативности проведенного факторного анализа.

Исходя из значения меры выборочной адекватности Кайзера–Мейера–Олкина, составляющей 0,736, была установлена приемлемая адекватность применения факторного анализа к исследуемой выборке.

При оценке распределения переменных с помощью критерия сферичности Бартлетта уро-

вень значимости составил  $p < 0,001$ , что свидетельствовало о достаточности корреляций для проведения факторного анализа.

Таким образом, на основе проведенного анализа для российской выборки было получено семифакторное решение, включающее целеустремленность, лидерство, инфантильность, энергичность, импульсивность, уверенность в себе и смелость.

**Тестовые нормы для российской выборки.** В ходе анализа данных также были рассчитаны тестовые нормы для значений опросника EVAR на российской выборке. Тестовые нормы – это границы на шкале тестовых баллов, которые разделяют интервалы (области шкалы), связанные с определенными диагно-



Таблица 4

Порядок перевода сырых баллов интегрального показателя методики EVAR в стэны

Table 4

Procedure for converting raw scores of the EVAR integral indicator into stans

Значение интегрального показателя	Перевод интегрального показателя в стэны									
Нижняя граница	0	706,6	796,4	886,3	976,1	1066	1155,8	1245,7	1335,5	1425,4
Верхняя граница	706,5	796,3	886,2	976	1065,9	1155,7	1245,6	1335,4	1425,3	больше 1425,3
Стэны	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Интерпретация	Низкая склонность к риску			Средняя склонность к риску			Высокая склонность к риску			

стическими выводами или управленческими решениями. Тестовые шкалы стенов (от англ. standart ten) разделяют данные всей выборки на 10 групп (табл. 4) [6].

**Обсуждение.** Настоящие данные подтверждают надежность, валидность и потенциальную полезность русского перевода EVAR для российских военнослужащих, но также предполагают, что факторная структура шкалы может отличаться между настоящим исследованием и оригинальными французскими и американскими нормативными и валидационными исследованиями. К ограничениям исследования можно отнести полученное значение Альфа Кронбаха для основной выборки (0,657), которое ниже диагностического порога 0,70, принятого в психометрических расчетах для опросников личностной направленности. Это свидетельствует о пограничном уровне согласованности пунктов шкалы, что может быть обусловлено проблемами культурной адаптации психометрических шкал: гетерогенностью содержательных формулировок пунктов, слабой внутренней связностью отдельных шкал EVAR, культурной или лингвистической неоднородностью при переводе.

**Сравнение данных французской, американской и российской выборок.** В исследовании B. Sicard, E. Jouve, O. Blin, C. Mathieu (2001 г.) на вопросы методики ответили 130 французских военнослужащих (пилоты и персонал летного состава) [2].

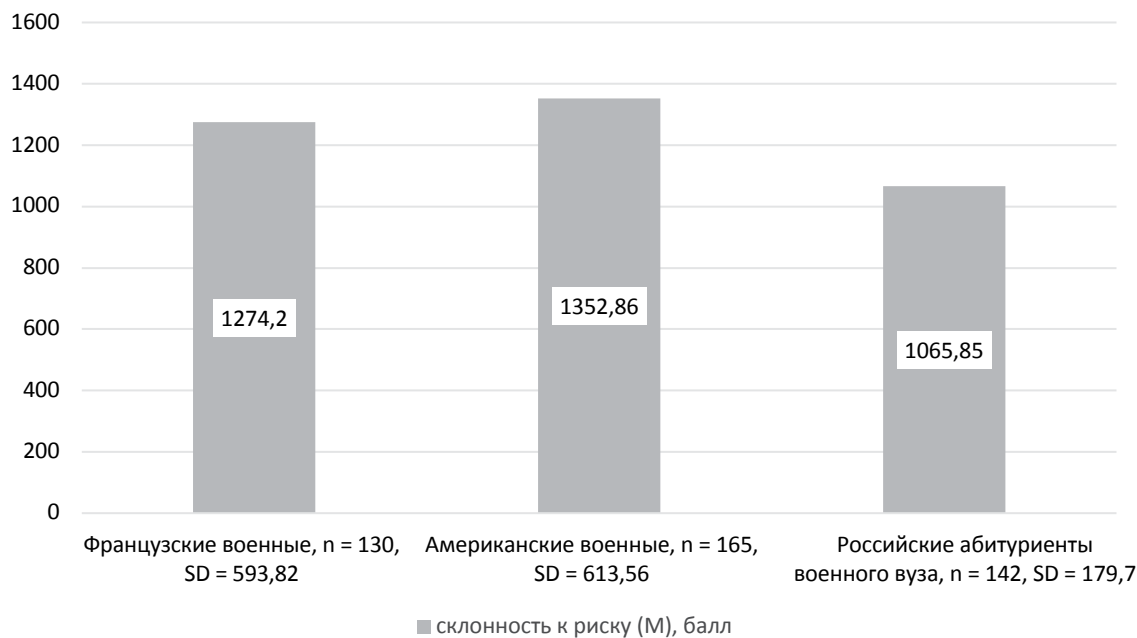
В 2006 г. данная методика была апробирована в армии США (165 солдат 3-й пехотной дивизии после первой отправки в Ирак) в рамках лонгитюдного исследования, изучающего влияние боевого развертывания на психическое здоровье и благополучие солдат [7].

В нашем исследовании (2024 г.) методика была применена к юношам, поступающим в военный вуз. Данные по выборкам приведены на рисунке. Результаты их сравнения выявили статистически значимые различия между всеми парами сравнения трех групп ( $P_{1,2}; P_{1,3}; P_{2,3} < 0,001$ ). Более низкие результаты склонности к риску в российской выборке можно объяснить отсутствием боевого опыта и ситуацией прохождения профессионально-психологического отбора, когда испытуемые стремятся предстать в лучшем свете, давая социально-желательные ответы<sup>3</sup>.

Имеются открытые данные выделенных факторов опросника EVAR для военнослужащих во французских и американских армиях. В табл. 5 представлены факторы, выделенные на французской, американской и российской выборках [2, 7].

Таким образом, факторная структура опросника, описанная французскими и американскими специалистами, не подтвердилась на российской выборке. Полученные на российской выборке факторы имеют совпадения с полученными на французской и американской выборках факторами по нескольким пунктам: целеустремленность (RF1) и стремление к опасности (FF2): 7, 8, 24; энергичность (RF4) и энергичность (FF3): 12, 22, 23; уверенность в себе (RF6) и уверенность в себе (AF2): 6, 13.

<sup>3</sup>Социальная желательность – это склонность человека представлять себя в более выгодном, социально приемлемом свете, давая ответы или демонстрируя поведение, которые кажутся более одобряемыми обществом. Является фактором искажения самоотчетов в опросниках и тестах, когда испытуемые стремятся скрыть свои недостатки и подчеркнуть положительные качества (А. Б. Альмуханова и др., 2007 г.)



**Рис.** Сравнение средних показателей склонности к риску во французской, американской и российской выборках

**Fig.** Comparison of average risk-taking scores in French, American, and Russian samples

Таблица 5

**Выделенные факторы и входящие в них пункты опросника EVAR французской, американской и российской выборок**

Table 5

**Selected factors and their corresponding items from the EVAR questionnaire for French, American, and Russian samples**

Выборка	Выделенные факторы	Фактор	Пункт опросника
Французская	FF1	Самоконтроль	4, 6, 10, 13, 15, 16, 17
	FF2	Стремление к опасности	5, 7, 8, 11, 24
	FF3	Энергичность	4, 12, 18, 22, 23
	FF4	Импульсивность	1, 9, 14, 19, 21
	FF5	Непобедимость	2, 3, 8, 20, 22
Американская	AF1	Безрассудство/импульсивность	2, 3, 5, 7–9, 11, 12, 14, 21–24
	AF2	Уверенность в себе	1, 2, 4, 6, 7, 11, 13, 15, 19
	AF3	Потребность в контроле	5, 9, 10, 16–19, 20, 24
Российская	RF1	Целеустремленность	4–8, 24,
	RF2	Лидерство	9,10,15, 21
	RF3	Инфантильность	1, 2, 13, 18
	RF4	Энергичность	12, 14, 17, 22, 23
	RF5	Импульсивность	11, 16, 17, 19
	RF6	Уверенность в себе	6,13,17, 20
	RF7	Смелость, решительность	3, 4, 14, 18

Для оценки склонности к риску в исследованиях иностранных военнослужащих также применяются шкалы DOSPERT (Domain Specific Scale) и MORTS. Шкала DOSPERT, разработанная E. U. Weber, A. Blais и N. Betz в 2002 г., состоит из 30 утверждений-вероятностей поступка и оценивает принятие риска в пяти областях:

финансовые решения, здоровье/безопасность, досуг, этика и социальные решения. Шкала военного операционного риска (Military Operational Risk Taking Scale – MORTS) различает существенный/адаптивный и несущественный/неадаптивный операционный риск: 31 утверждение об отношении к риску во время выполнения

боевого задания (Momen, et al., 2010 г.). Аспекты финансовых вопросов DOSPERT могут редко встречаться в жизни русскоязычных респондентов. Опросник EVAR, в отличие от MORTS, не оценивает риск во время непосредственного выполнения боевых заданий, его вопросы не связаны с несением военной службы, они универсальны и оценивают склонность к риску человека любого рода деятельности.

Преимуществом методики EVAR является ясность и простота формулировок вопросов, отсутствие требования наличия боевого опыта и меньшее количество пунктов.

Настоящее исследование закладывает основу для использования опросника оценки склонности к риску EVAR среди русскоязычных военнослужащих. Наиболее актуальным является его применение при проведении психологического отбора для дифференциации военнослужащих по видам выполнения боевых задач. Для этого целесообразно дополнительно определить нормы для различных служебных операций.

Результатом проведения оценки является определение уровня склонности к риску: низкий, средний и высокий. Полученные данные можно интерпретировать следующим образом:

- низкий уровень риска: военнослужащие часто проявляют избегающее поведение – стремятся уклониться от выполнения сложных или опасных задач. Они склонны к тревожности, боятся допустить ошибку и потому предпочитают не проявлять инициативу. Избегающие рисков военнослужащие часто имеют сниженные адаптационные и морально-волевые качества, что проявляется в недостаточной гибкости мышления, ригидности, неспособности быстро реагировать на внезапные изменения обстановки и принимать решения в экстремальных условиях. В экстремальных ситуациях низкая склонность к риску может привести к ригидности – заторможенности психических процессов, неверной оценке ситуации, неспособности действовать быстро и решительно. Это увеличивает вероятность паники и потери самообладания в критических условиях. Рекомендуется проведение тренировок по развитию стрессоустойчивости и повышения психологической гибкости.

- средний уровень риска: отражает оптимальный баланс между психологической устойчивостью и адекватной реакцией на профессиональные стрессоры. Военнослужащий способен эффективно справляться с нагрузками, сохранять мотивацию и адаптироваться к изменяющимся условиям службы. Такой уровень риска соответствует нормальной профессиональной готовности и является предпочтительным для выполнения ответственных задач в условиях неопределенности и риска. Рекомендуется поддерживать текущий уровень и регулярно проводить мониторинг состояния.

- высокий уровень риска: военнослужащий может игнорировать приказы или инструкции командования, считая их излишне осторожными. Это приводит к снижению управляемости подразделения и срыву выполнения боевой задачи. Чрезмерная склонность к риску часто сопровождается недооценкой опасности и переоценкой собственных возможностей. Это увеличивает вероятность принятия ошибочных решений в критических ситуациях. Командованию рекомендуется проводить регулярную психологическую диагностику и работу с военнослужащими, склонными к чрезмерному риску, чтобы выявлять нервно-психическую неустойчивость и предотвращать опасное поведение

**Заключение.** На основании проведенного исследования была подготовлена и верифицирована русскоязычная версия методики EVAR, которую можно считать надежным и валидным психодиагностическим инструментом. По данным выборки респондентов, были доказаны надежность – согласованность и ретестовая надежность методики. Факторный анализ обосновал правомерность выделенной факторной структуры, отличной от оригинального французского варианта. Проверка содержательной валидности подтвердила данные о том, что опросник EVAR оценивает склонность к риску. В перспективе после проведения дополнительных исследований по стандартизации и масштабной эмпирической верификации методику EVAR можно рекомендовать для использования в практике военной психодиагностики.

#### Сведения об авторах:

Смагина Екатерина Евгеньевна – младший научный сотрудник научно-исследовательского отдела (медико-психологического сопровождения), Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; SPIN: 5825-7154; ORCID:0009-0002-1020-6734; e-mail: vmeda\_37@mil.ru

Кузнецова Екатерина Вениаминовна – медицинский психолог научно-исследовательского отдела (медико-психологического сопровождения), Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; SPIN: 2587-9944; ORCID: 0009-0003-8067-2236; e-mail: vmeda\_37@mil.ru

Лукашов Василий Витальевич – оператор научной роты, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; SPIN: 6977-8311; ORCID: 0009-0000-3592-4594; e-mail: vmeda\_37@mil.ru

#### Information about the authors:

Ekaterina E. Smagina – Junior Researcher of the Research Department (Medical and Psychological Support), Military Medical Academy of the Ministry of Defense of the Russian Federation; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; SPIN: 5825-7154; ORCID:0009-0002-1020-6734; e-mail: vmeda\_37@mil.ru

Ekaterina V. Kuznetsova – medical psychologist at the Research Department (Medical and Psychological Support), Military Medical Academy of the Ministry of Defense of the Russian Federation; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; SPIN: 2587-9944; ORCID: 0009-0003-8067-2236; e-mail: vmeda\_37@mil.ru

Vasily V. Lukashov is an operator at the Scientific Company, Military Medical Academy of the Ministry of Defense of the Russian Federation; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; SPIN: 6977-8311; ORCID: 0009-0000-3592-4594; 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 –

Е. Е. Смагина, Е. В. Кузнецова; сбор данных – Е. В. Кузнецова, В. В. Лукашов; статистическая обработка полученного материала – Е. Е. Смагина, Е. В. Кузнецова; подготовка рукописи – Е. Е. Смагина, Е. В. Кузнецова.

**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:* EES, EVK contribution to the concept and plan of the study. EVK, VVL contribution to data collection. EES, EVK contribution to data analysis and conclusions. EES, EVK 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: 16.05.2025

Принята к печати/Accepted: 15.09.2025

Опубликована/Published: 30.12.2025

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Breivik G., Sand T. S., Sookermany A. M. Risk-Taking and Sensation Seeking in Military Contexts: A Literature Review. *SAGE Open*, 2019, 9(1). <https://doi.org/10.1177/2158244018824498>.
2. Sicard B., Jouve E., Blin O., Mathieu C: Construction and validation of visual analogue scale for risk assessment. *Encephale*, 1999, 25, 622–629.
3. Шмелев А. Г., Столин В. В. *Практикум по психодиагностике. Дифференциальная психометрика*. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1984. 151 с. [Shmelev A. G., Stolin V. V. *Workshop on psychodiagnostics. Differential psychometrics*. Moscow: Moscow University Publishing House, 1984, 151 p. (In Russ.)].
4. Чермянин С. В., Корзунин В. А., Юсупов В. В. *Диагностика нервно-психической неустойчивости в клинической психологии. Методическое пособие*. СПб.: Речь. 2010. 190 с. [Chermyanin S. V., Korzunin V. A., Yusupov V. V. *Diagnostics of neuropsychic instability in clinical psychology. Methodological manual*. St. Petersburg: Rech, 2010, 190 p. (In Russ.)].
5. Юсупов В. В., Левич С. Н., Марченко Л. О., Филиппова Е. О. Оценка предрасположенности к делинквентному и аддиктивному поведению у военнослужащих. Инновационные технологии в образовательном процессе: Материалы XIX Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 19–20 мая 2017 г. Краснодар: ФГКВУ ВО «Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени Героя Советского Союза А. К. Серова» МО РФ. 2017. С. 233–236 [Yusupov V. V., Levich S. N., Marchenko L. O., Filippova E. O. Assessment of predisposition to delinquent and addictive behavior in military personnel. Innovative technologies in the educational process: Proceedings of the XIX All-Russian scientific and practical conference, Krasnodar, May 19–20, 2017. Krasnodar: Krasnodar Higher Military Aviation School of Pilots named after Hero of the Soviet Union A.K. Serov, 2017, pp. 233–236. (In Russ.)] EDN XRХОРВ.
6. Шмелев А. Г. *Практическая тестология: тестирование в образовании, прикладной психологии и управлении персоналом*. М.: Маска. 2013. 688 с. [Shmelev A. G. *Practical testology: testing in education, applied psychology and personnel management*. Moscow: Maska, 2013, 688 p. (In Russ.)].
7. Killgore W. D., Vo A. H., Castro C. A., Hoge C. W. Assessing risk propensity in American soldiers: preliminary reliability and validity of the Evaluation of Risks (EVAR) scale-English version. *Mil Med.* 2006, 171(3), 233–239. doi: 10.7205/milmed.171.3.233. PMID: 16602523.
8. Ятманов А.Н. Совершенствование системы медико-психологического сопровождения обучающихся в вузах Министерства обороны Российской Федерации. Казань. 2017. 102 с. [Yatmanov A.N. Improving the system of medical and psychological support for students in universities of the Ministry of Defense of the Russian Federation. Kazan. 2017. 102 p. (In Russ.)].

## РИСК РАЗВИТИЯ ЛАТЕНТНОГО ЖЕЛЕЗОДЕФИЦИТА У ДОНОРОВ КРОВИ (КОМПОНЕНТОВ КРОВИ): ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

<sup>1</sup>Г. В. Гришина\*, <sup>1</sup>Д. В. Ласточкина, <sup>1,2</sup>С. С. Бессмельцев

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

<sup>2</sup>Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова,  
Санкт-Петербург, Россия

**ВВЕДЕНИЕ.** Доноры, являясь группой риска по развитию железодефицита, проходят обследование перед донацией, включающее исследование уровня гемоглобина, но его содержание не отражает состояние запасов железа, при истощении которых развивается железодефицитная анемия. По сути своей железодефицитная анемия – это полиэтиологичное заболевание, в основе которого лежит дефицит железа в организме, обусловленный нарушением поступления, усвоения или повышенных потерь этого микроэлемента. Учитывая, что развитию железодефицитной анемии предшествует период латентного железодефицита, лабораторными критериями которого служат снижение эритроцитарных индексов, сывороточного ферритина, сывороточного железа, уменьшение насыщения трансферрином железа и при этом – повышение сывороточного трансферрина, растворимых рецепторов трансферрина, его своевременное выявление требует активных мероприятий.

**ЦЕЛЬ.** Оценить риск развития железодефицита у доноров крови и (или) ее компонентов в возрастной группе от 18 до 65 лет.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** В работе использованы биохимические и статистические методы исследования. Для достижения поставленной цели проведены комплексный анализ результатов гемограммы и биохимический анализ сыворотки крови, отражающий метаболизм железа у 174 доноров крови и ее компонентов. Дана оценка риска раннего развития железодефицита у доноров.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** В статье приведены данные собственных исследований метаболизма железа у доноров крови и ее компонентов возрастной группы от 18 до 65 лет (медиана – 35 лет). Гемоглобин у нижней границы нормы и пороговые значения сывороточного ферритина (30 мкг/л у доноров-мужчин и 20 мкг/л – у женщин) являлись критериями риска развития железодефицитного состояния. В группу риска развития железодефицитного состояния среди мужчин входили доноры, сдающие кровь более 3 раз в течение 12 мес или имевшие в сумме более десяти донаций, и доноры, имеющие уровень гемоглобина у нижней границы нормы. В группу риска среди женщин входили доноры, сдающие кровь более 2 раз в течение 12 мес или имевшие в сумме от двух до шести донаций. У них необходимо учитывать уровень ферритина, а при снижении ниже референтных значений расценивать это как латентный дефицит железа. Выявленное уменьшение концентрации сывороточного ферритина уже после второй донации крови у доноров-женщин с последующим его значимым снижением ниже референтного диапазона и к десятой донации у мужчин служит основанием для определения ферритина при обследовании доноров.

**ОБСУЖДЕНИЕ.** По анализу результатов обследования 174 доноров установлен достаточно высокий процент развития железодефицитного состояния у лиц, относящихся к группам риска, что говорит о целесообразности применения новых подходов к имеющимся стандартам лабораторного обследования донора на уровне отделения переливания крови с перспективой дальнейшего расширения объема лабораторных обследований донора перед донацией. При допуске к участию в донорстве следует ориентироваться не только на показатели гемоглобина, но и на лабораторное обследование доноров с определением тканевых запасов железа.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Значительная часть обследованных доноров имела признаки железодефицитного состояния и находилась в группе риска по развитию анемии. С увеличением донорского стажа частота выявляемого железодефицита в группе обследованных доноров нарастает, что делает необходимым разработку системы профилактики и коррекции нарушений обмена железа в целях сохранности здоровья доноров.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** морская медицина, донор, железодефицит, риск, ферритин, транспортное железо

\*Для корреспонденции: Гришина Галина Викторовна, e-mail: [reger201309@mail.ru](mailto:reger201309@mail.ru)

\*For correspondence: Galina V. Grishina, e-mail: [reger201309@mail.ru](mailto:reger201309@mail.ru)

© Авторы, 2025. 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 условии указания 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., Ласточкина Д. В., Бессмельцев С. С. Риск развития латентного железодефицита у доноров крови (компонентов крови): оригинальная статья // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 4. С. 49–59, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-49-59>; EDN: <https://elibrary.ru/GADMLD>

**For citation:** Grishina G. V., Lastochkina D. V., Bessmeltsev S. S. Risk of developing latent iron deficiency in blood (blood component) donors: original article // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, No. 4. P. 49–59, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-49-59>; EDN: <https://elibrary.ru/GADMLD>

## RISK OF DEVELOPING LATENT IRON DEFICIENCY IN BLOOD (BLOOD COMPONENT) DONORS: ORIGINAL ARTICLE

<sup>1</sup>Galina V. Grishina\*, <sup>1</sup>Daria V. Lastochkina, <sup>1,2</sup>Stanislav S. Bessmeltsev

<sup>1</sup>Russian Research Institute of Hematology and Transfusiology of the Federal Medical and Biological Agency, Saint Petersburg, Russia

<sup>2</sup>North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia

**INTRODUCTION.** Donors, being at risk for developing iron deficiency, undergo pre-donation screening, including hemoglobin testing. However, hemoglobin levels do not reflect the state of iron stores, and depletion of these stores causes iron deficiency anemia. Iron deficiency anemia is a polyetiologic disorder characterized by iron deficiency in the body, caused by impaired intake, absorption, or increased losses of this micronutrient. Given that the development of iron deficiency anemia is preceded by a period of latent iron deficiency, the laboratory criteria for which include decreased red blood cell indices, serum ferritin, serum iron, decreased transferrin saturation, and an increase in serum transferrin and soluble transferrin receptors, its timely detection requires proactive measures.

**OBJECTIVE.** To assess the risk of developing iron deficiency in donors of blood and/or its components in the age group from 18 to 65 years.

**MATERIALS AND METHODS.** The study used biochemical and statistical research methods. To achieve this goal, a comprehensive analysis of hemogram results and serum biochemistry reflecting iron metabolism in 174 donors of blood and its components was conducted. An assessment of the risk of early iron deficiency in donors was provided.

**RESULTS.** This article presents data from our own studies of iron metabolism in blood and blood component donors aged 18 to 65 years (median age 35 years). Hemoglobin levels at the lower limit of normal and serum ferritin thresholds (30 µg/L for male donors and 20 µg/L for female donors) were used as criteria for the risk of developing iron deficiency. Among men, those at risk for developing iron deficiency included donors who donated blood more than three times within 12 months or had a total of more than ten donations, and donors with hemoglobin levels at the lower limit of normal. Among women, those at risk included donors who donated blood more than twice within 12 months or had a total of two to six donations. In these women, ferritin levels should be monitored, and a decrease below reference values should be considered latent iron deficiency. The observed decrease in serum ferritin concentration after the second blood donation in female donors, followed by a significant decrease below the reference range and by the tenth donation in men, serves as the basis for determining ferritin during donor examination.

**DISCUSSION.** An analysis of the results of testing 174 donors revealed a relatively high incidence of iron deficiency in individuals at risk, suggesting the feasibility of implementing new approaches to existing donor laboratory testing standards at the blood transfusion department level, with the potential for further expansion of pre-donation laboratory testing. When assessing donors for donation, consideration should be given not only to hemoglobin levels, but also to laboratory testing of donors to determine tissue iron stores.

**CONCLUSION.** A significant proportion of the examined donors showed signs of iron deficiency and were at risk for developing anemia. As donor experience increases, the incidence of iron deficiency in the examined donor group increases, necessitating the development of a system for the prevention and correction of iron metabolism disorders to preserve donor health.

**KEYWORDS:** marine medicine, maritime medicine, donor, iron deficiency, risk, ferritin, transport iron

**Введение.** Железодефицитная анемия (ЖДА) является частым приобретенным заболеванием, обусловленным снижением содержания железа в сыворотке крови, костном мозге и депо, приводящим к нарушению трофики тканей, образования гемоглобина и эритроцитов с развитием микроцитарной гипохромной анемии. Изменение показателей обмена железа приводит к разви-

тию латентного дефицита железа (ЛЖД), а при повторных донациях может возникнуть и ЖДА.

Ведение доноров должно быть организовано в соответствии с высокими стандартами медицинской помощи и заботы об их здоровье. Основным условием участия в донорстве является отсутствие определенных медицинских противопоказаний для сдачи крови и (или) ее

компонентов. Согласно нормативным документам, стандартная доза при однократной донации крови равна  $450 \pm 50$  мл, что составляет около 10 % от объема циркулирующей крови взрослого человека. При однократной кроводаче это соответствует потере 200–250 мг железа. В то же время с суточным рационом пищи в пищеварительный тракт поступает 15–20 мг железа, но всасывается в кишечнике не более 2–3 мг [1]. Следовательно, для восполнения потери железа требуется около 90–120 дней. Интервал между донациями, согласно действующим нормативным документам, составляет 60 дней, но для восполнения дефицита железа, возникшего после однократной донации, как правило, требуется намного больше времени.

Определяемый у донора перед донацией уровень гемоглобина не является достаточно информативным предиктором дефицита железа, так как его содержание снижается ниже референтных значений лишь когда развивается железодефицитная анемия, что является уже поздним проявлением железодефицита [2, 3]. Служба крови Российской Федерации в своей работе старается поддерживать на должном уровне состав донорского контингента. Активно привлекает новых доноров, делая основной упор на постоянных доноров, регулярно сдающих кровь и (или) ее компоненты, так как эти доноры являются наиболее дисциплинированными, безопасными в плане отсутствия инфекционных заболеваний и надежными, готовыми при необходимости всегда прийти по вызову на донацию. Именно эта категория доноров, регулярно сдающих кровь и (или) ее компоненты, наиболее уязвима в плане развития ЛЖД.

Риск развития железодефицита возможен у доноров крови и (или) ее компонентов, постоянно сдающих кровь в течение многих лет. При начальной стадии ЛЖД истощаются тканевые запасы железа в организме, но еще отсутствуют глубокие нарушения эритропоэза, что и объясняет отсутствие анемического синдрома. Лабораторные изменения при ЛЖД характеризуются лишь особенностями, типичными для железодефицита, но не сопровождаются признаками анемии. Поскольку клинические признаки ЛЖД неспецифичны, а анемический синдром на ранних стадиях железодефицита отсутствует, то в подавляющем большинстве случаев ЛЖД не диагностируется. Латентный дефицит железа характеризуется истощением

тканевых запасов железа при нормальной величине транспортного железа и гемоглобина. В связи с этим к донорству могут быть допущены лица, имеющие тканевой дефицит железа. Результаты проведенных обследований доноров в Российском научно-исследовательском институте гематологии и трансфузиологии Федерального медико-биологического агентства [4] обосновывают необходимость включения показателей обмена железа в обязательное лабораторное обследование доноров крови и (или) ее компонентов с целью обеспечения безопасности донаций для здоровья доноров и сохранения донорского потенциала. На сегодняшний день в действующих нормативных документах в Российской Федерации отсутствуют рекомендации по определению групп доноров, подверженных риску развития дефицита железа, для сохранения кадров доноров в организациях службы крови.

**Цель.** Оценить риск развития железодефицита у доноров крови и (или) ее компонентов в возрастной группе от 18 до 65 лет.

**Материалы и методы.** В исследование включены 174 (78 %) (101 мужчина и 73 женщины) донора крови и ее компонентов в возрасте от 18 до 65 лет. Комплектование и обследование доноров проводили в соответствии с требованиями нормативных документов.

**Критерии включения:** возраст донора старше 18 лет, масса тела более 50 кг, готовность подписать форму информированного согласия (ФИС), а также отказ от участия в других клинических исследованиях.

**Критерием исключения** из исследования являлись доноры, имеющие временные или постоянные противопоказания к донорству крови, установленные в день предполагаемой донации, согласно приказу МЗ РФ от 28.10.2020 № 1166н. В работе применяли гематологические, биохимические и статистические методы исследования. Лабораторные тесты выполнены с использованием медицинских изделий, зарегистрированных в установленном порядке. Были определены параметры гемограммы: количество эритроцитов, уровень гемоглобина (HGB), эритроцитарные индексы MCV, MCH. Для оценки запасов железа и выявления его скрытого дефицита у доноров исследовали сывороточный ферритин (СФ) иммунотурбидиметрическим методом. Анализ транспортного железа проводили на основании определения



сывороточного железа (СЖ), трансферрина (СТ), общей и ненасыщенной железосвязывающей способности сыворотки крови (ОЖСС) и расчетного показателя – коэффициента насыщения трансферрина железом. Исследования проводили на автоматическом биохимическом анализаторе Cobas Integra 400 plus (Roche Diagnostics, Швейцария). На автоматическом иммунохимическом анализаторе (Beckman Coulter LH Series, США) иммуноферментным методом определяли растворимые трансферриновые рецепторы (pТФР). Обследованных доноров были разделены на 6 групп в зависимости от вида и частоты донаций, пола и возраста. Доноры, впервые пришедшие на донорский пункт и никогда ранее не участвовавшие в донациях, составили 1-ю группу. Во 2-ю группу вошли доноры, которые сдавали кровь 1–2 раза в объеме  $450 \pm 50$  мл. Активные доноры со стажем 3 и 4 года соответственно представляли 3-ю и 4-ю группы. Из доноров со смешанным видом донаций сформирована 5-я группа, а 6-я – преимущественно участвующие в процедуре тромбоцитозфереза.

При допуске к участию в донорстве следует ориентироваться не столько на показатели концентрации гемоглобина и количества эритроцитов, сколько на содержание ферритина (табл. 1, 2).

Сравнительный анализ проведен с использованием программы SPSS 24.0 (Dell, США). Данные представлены в виде медианы (Me) и межквартильного интервала (Q1–Q3). Зна-

чимось различий параметров между группами определяли с помощью непараметрической статистики (критерий Манна–Уитни). Внутригрупповые различия оценивали с помощью критерия Уилкоксона. Статистически значимыми различия считались при условии, что вероятность ошибки составляла не более 0,05 ( $p < 0,05$ ). Выделенные жирным шрифтом цифры в таблицах – значения, приближенные к референтным.

**Результаты.** Оценен риск раннего развития железодефицита у 174 доноров крови и ее компонентов. Параметры гемограммы, включая количество эритроцитов ( $3,7\text{--}5,0 \cdot 10^{12}/\text{л}$ ) и эритроцитарные индексы MCV ( $74,2\text{--}98,0$  фл), MCH ( $23,3\text{--}33,3$  пг), у всех доноров практически не отличались от референтных значений. Изучение общего гемоглобина у обследованных активных доноров показало, что значения гемоглобина на уровне нижней границы нормы было у 17,4 % всех обследованных доноров, тогда как среди первичных доноров данный показатель на уровне нижней границы нормы был только у 2,1 %, что указывает на прямое влияние частых кроводач на гематологический статус доноров. При оценке интенсивности изменений показателей запаса и транспортного железа были проанализированы 228 отклонений от референтного диапазона. Среди 101 обследованного донора-мужчины снижение уровня ферритина ниже референтных значений выявлено у 39 (38,6 %). Из 73 обследованных женщин низкий уровень ферритина установлен у 32 (43,8 %).

Таблица 1

**Критерии наличия латентного дефицита железа**

Table 1

**Criteria for the presence of latent iron deficiency**

Показатель	Диапазон референтных значений	Латентный дефицит железа
Гемоглобин, г/л:		
мужчины	130–165	$\geq 130$
женщины	120–160	$\geq 120$
Железо сыворотки крови, мкмоль/л:		
мужчины	9,5–30,1	$< 10,0$
женщины	8,8–27,2	$< 10,0$
ОЖСС, мкмоль/л	44,7–71,6	$> 71,0$
Ферритин, нг/мл:		
мужчины	30–350	$< 30$
женщины	20–250	$< 20$
НТЖ, %	20,0–50,0	$< 20$

Таблица 2

**Метод оценки развития латентного железодефицита**

Table 2

**Method for assessing the development of latent iron deficiency**

Методика исследования	Диагностические критерии
Осмотр донора врачом-трансфузиологом	
Выполнен клинический анализ крови у донора с определением эритроцитарных индексов	Уменьшение среднего объема эритроцита (MCV) и пониженное содержание гемоглобина в эритроците (MCH) [5] Нормальное или пограничное содержание гемоглобина
Исследованы параметры обмена железа: ферритина, трансферрина, общей железосвязывающей способности сыворотки, насыщения трансферрина железом, растворимых рецепторов трансферрина	Незначительно сниженный или находящийся в пределах нормы уровень сывороточного железа крови; снижение ферритина; повышение трансферрина; повышение ОЖСС; снижение НТЖ; повышение sTfR
Проанализирован риск развития латентного железодефицита и даны рекомендации. Рекомендуется информировать доноров крови и (или) компонентов крови о пограничных значениях гемоглобина и низком уровне ферритина с целью укрепления здоровья, уменьшения отсрочки от донорства при сниженном гемоглобине.	

При этом на фоне низкого уровня ферритина снижение коэффициента насыщения трансферрина железом (КНЖТ) выявлено у 21 (20,8 %) мужчины и 15 (20,5 %) женщин, снижение уровня сывороточного железа (СЖ) выявлено у 14 (13,9 %) мужчин и 11 (15,1 %) женщин, а повышение уровней ОЖСС – у 22 мужчин и 19 доноров-женщин, НЖСС и рТфР определены у 9 (8,9 %) мужчин и 6 (8,2 %) женщин. Среди обследованных доноров цифры ферритина ниже референтных значений выявлены практически во всех группах доноров.

### **1. Группы риска с железодефицитным состоянием у доноров мужского пола**

Сравнительный анализ показателей обмена железа у доноров разных групп выявил, что уровень ферритина является наиболее часто изменяемым параметром. Следует учитывать, что есть оптимальный уровень ферритина для здорового человека (в среднем 50–70 нг/мл). Снижение концентрации ферритина у доноров-мужчин менее 30 мкг/л в крови при нормальных показателях клинического анализа крови говорит об истощении депо железа, то есть о ЛДЖ. В табл. 3 представлены результаты обследования 101 донора мужского пола.

Наибольшие изменения в обмене железа выявлены в группе доноров-мужчин, регулярно сдающих кровь в течение 4 и более лет. У 66,6 % доноров этой группы было выявлено снижение

уровня ферритина. Средний показатель ферритина составил 27,37 мкг/л (медиана 18,4), что ниже референтных значений (30,0–400,0 нг/мл), максимальный уровень – 72,0 нг/мл. Среднее количество донаций, приходящееся на одного донора с низким уровнем ферритина в год, составляло 4 при рекомендуемой частоте до 5 кроводач в год у мужчин, при этом самые низкие цифры ферритина были выявлены у донора, сдававшего кровь 5 раз в год на протяжении 11 лет.

При определении влияния количества донаций на развитие железодефицитного состояния у доноров обследованы 4 группы доноров-мужчин. В качестве контроля отобраны первичные доноры, ранее не сдававшие кровь (14 мужчин). Группы сравнения составили доноры после 1–2 донаций (13 мужчин) с количеством кроводач от 3 до 10 (38 мужчин) и более 10 донаций (36 мужчин). Изменения показателей обмена железа, в зависимости от количества донаций, представлены в табл. 4. Исследования показали, что запасы железа с увеличением количества донаций постепенно уменьшаются, что особенно заметно по уровню ферритина у мужчин, где с увеличением донаций этот показатель значительно снижается. Согласно исследованиям, уже после 10 донаций у доноров-мужчин СФ становится значительно ниже референтного диапазона (30,0–400,0 нг/мл).

Таким образом, в группе риска развития железодефицитного состояния среди мужчин

Таблица 3

**Изменение показателей обмена железа у доноров-мужчин ( $M \pm SD$ )**

Table 3

**Changes in iron metabolism parameters in male donors ( $M \pm SD$ )**

Показатель	Группа доноров						Референ- тный диапазон
	контроль	сдававшие 1–2 раза	регулярно 3 года	регулярно 4 года и больше	смешанные донации	доноры тромбоци- тов	
	$n = 15$	$n = 12$	$n = 9$	$n = 27$	$n = 13$	$n = 25$	
СЖ, мкмоль/л	$20,5 \pm 2,2$ (9,3–40,0)	$20,5 \pm 1,9$ (11,9–33,5)	$13,5 \pm 1,8$ (9,0–24,9)	$20,4 \pm 2,06$ (5,7–62,4)	$21,4 \pm 2,5$ (8,3–39,9)	$21,6 \pm 1,61$ (4,9–36,4)	5,8–34,5
ОЖСС, мкмоль/л	$60,8 \pm 1,8$ (49,6–75,3)	$59,2 \pm 2,3$ (52,2–77,8)	$74,9 \pm 1,9$ (66,3–83,6)	$71,1 \pm 1,7$ (53,7–88,4)	$65,4 \pm 2,2$ (54,4–82,2)	$67,5 \pm 1,65$ (53,9–86,3)	45,3–77,1
НЖСС, мкмоль/л	$40,4 \pm 2,5$ (21,7–57,7)	$38,6 \pm 3,7$ (22,0–64,1)	$61,4 \pm 3,3$ (44,2–73,2)	$50,7 \pm 3,8$ (1,5–76,9)	$43,9 \pm 4,6$ (15,3–73,9)	$45,8 \pm 2,98$ (18,6–77,0)	22,3–70,1
Ферритин, нг/мл	$132,3 \pm 24,5$ (33,3–379,0)	$88,2 \pm 34,0$ (8,5–296,0)	$41,7 \pm 9,9$ (13,0–101,8)	$27,37 \pm 3,02$ (7,2–72,0)	$57,8 \pm 8,9$ (14,8–122,0)	$60,9 \pm 8,77$ (5,8–177,9)	30,0–400,0
Трансфер- рин, г/л	$2,71 \pm 0,08$ (2,15–3,3)	$2,69 \pm 0,1$ (2,3–3,5)	$3,21 \pm 0,2$ (2,1–3,8)	$3,04 \pm 0,2$ (0,1–4,2)	$2,92 \pm 0,11$ (2,4–3,8)	$2,93 \pm 0,08$ (2,3–3,9)	2,0–3,6
КНТЖ, %	$31,4 \pm 3,1$ (13,6–57,1)	$33,8 \pm 3,4$ (15,6–54,5)	$17,8 \pm 2,9$ (10,5–36,0)	$27,4 \pm 3,9$ (6,9–86,3)	$31,9 \pm 4,3$ (10,1–65,2)	$32,1 \pm 3,1$ (6,4–66,2)	16–50 %
HGB, г/л	$154,3 \pm 3,83$ (128–168)	$148,7 \pm 2,8$ (132–164)	$142,9 \pm 4,1$ (130–167)	$146,5 \pm 1,9$ (132–170)	$150,6 \pm 2,3$ (134–163)	$147,7 \pm 1,53$ (128–158)	130–180
Количество донаций	0	1–2	$8,44 \pm 1,01$ (4,0–13,0)	$26,73 \pm 2,5$ (6,0–56,0)	$25,24 \pm 0,87$ (5,0–57,0)	$25,88 \pm 3,3$ (5,0–70,0)	0–70

Таблица 4

**Влияние количества донаций на обмен железа у доноров-мужчин ( $M \pm SD$ )**

Table 4

**The effect of the number of donations on iron metabolism in male donors ( $M \pm SD$ )**

Группа обследованных доноров-мужчин	СФ (нг/мл)	рТфР (г/л)	НЖСС (мкмоль/л)	ОЖСС (мкмоль/л)
Первичные доноры ( $n = 14$ )	$142,8 \pm 24,5$ (33,3–379,0)	$2,71 \pm 0,08$ (2,15–3,3)	$40,4 \pm 2,5$ (21,7–57,7)	$60,8 \pm 1,8$ (49,6–75,3)
Доноры с количеством донаций 1–2 ( $n = 13$ )	$88,2 \pm 34,0$ (8,5–296,0)	$2,69 \pm 0,1$ (2,3–3,5)	$38,6 \pm 3,7$ (22,0–64,1)	$59,2 \pm 2,3$ (52,2–77,8)
Доноры с количеством донаций 3–10 ( $n = 38$ )	$39,3 \pm 4,2$ (13,0–91,5)	$3,89 \pm 0,4$ (3,3–5,3)	$47,9 \pm 3,5$ (15,3–73,9)	$67,5 \pm 1,7$ (54,4–82,2)
Доноры с количеством донаций более 10 ( $n = 36$ )	$28,1 \pm 4,4^*$ (7,2–101,8)	$4,19 \pm 0,2^*$ (2,4–6,8)	$54,3 \pm 3,5$ (1,5–76,9)	$72,9 \pm 1,6^*$ (53,7–88,4)

Примечание: \* –  $p < 0,01$  – значимые различия в сравнении с группой первичных доноров

Note: \* –  $p < 0.01$  – significant differences compared to the primary donor group

следует считать регулярных доноров, сдающих кровь более 3 раз в течение 12 мес или имевших в сумме более 10 кроводач, и доноров, имеющих уровень гемоглобина у нижней границы нормы. У них необходимо учитывать уровень ферритина, нижний порог нормы которого составляет 30 нг/мл, а при снижении ниже референтных

значений расценивать как латентный дефицит железа [2].

**2. Группы риска с железодефицитным состоянием у доноров-женщин**

Для профилактики анемии у регулярных доноров имеет большое значение своевременное

Таблица 4

Влияние количества донаций на обмен железа у доноров-мужчин ( $M \pm SD$ )

Table 4

The effect of the number of donations on iron metabolism in male donors ( $M \pm SD$ )

Группа обследованных доноров-мужчин	СФ (нг/мл)	рТфР (г/л)	НЖСС (мкмоль/л)	ОЖСС (мкмоль/л)
Первичные доноры ( $n = 14$ )	$142,8 \pm 24,5$ (33,3–379,0)	$2,71 \pm 0,08$ (2,15–3,3)	$40,4 \pm 2,5$ (21,7–57,7)	$60,8 \pm 1,8$ (49,6–75,3)
Доноры с количеством донаций 1–2 ( $n = 13$ )	$88,2 \pm 34,0$ (8,5–296,0)	$2,69 \pm 0,1$ (2,3–3,5)	$38,6 \pm 3,7$ (22,0–64,1)	$59,2 \pm 2,3$ (52,2–77,8)
Доноры с количеством донаций 3–10 ( $n = 38$ )	$39,3 \pm 4,2$ (13,0–91,5)	$3,89 \pm 0,4$ (3,3–5,3)	$47,9 \pm 3,5$ (15,3–73,9)	$67,5 \pm 1,7$ (54,4–82,2)
Доноры с количеством донаций более 10 ( $n = 36$ )	<b><math>28,1 \pm 4,4^*</math></b> (7,2–101,8)	<b><math>4,19 \pm 0,2^*</math></b> (2,4–6,8)	$54,3 \pm 3,5$ (1,5–76,9)	<b><math>72,9 \pm 1,6^*</math></b> (53,7–88,4)

Примечание: \* –  $p < 0,01$  – значимые различия в сравнении с группой первичных доноров

Note: \* –  $p < 0.01$  – significant differences compared to the primary donor group

выявление железодефицита, частота которого, по крайней мере, в несколько раз превышает частоту снижения концентрации гемоглобина. Необходимо обеспечить возможность раннего выявления риска развития железодефицитной анемии у доноров и предотвращение потенциальных медицинских отводов от донаций. Чувствительным и специфичным показателем истощения запасов железа в организме считают уровень сывороточного ферритина. Нижний порог нормы ферритина имеет различия по гендерному признаку и у женщин составляет  $\leq 20$  нг/мл [6]. На сегодняшний день в действующих нормативных документах в РФ отсутствуют рекомендации по определению доноров, подверженных риску развития дефицита железа, для сохранения донорских кадров в организациях службы крови. В группу риска развития ЛДЖ вошли 56,6 % молодых доноров-женщин, сдающих кровь 1–2 раза в течение года и 50,0 % женщин, сдающих тромбоциты методом афереза, а также доноры смешанных донаций (табл. 5) [4].

Изменения в обмене железа также выявлены в группе доноров-женщин, регулярно сдающих кровь в течение 4 и более лет (у 50 % из них отмечено снижение уровня ферритина). Однако средний уровень ферритина в этой группе составил 28,9 нг/мл (медиана 19,7), скорее всего за счет большого разброса показателей (минимальный уровень 9,0 нг/мл; максимальный – 77,4 нг/мл).

В группе доноров-женщин, сдававших тромбоциты методом афереза, показатели обмена железа у 4 доноров возрастной группы старше 45 были ниже референтных значений, у 50 % женщин

отмечались предельно допустимые для донации уровни гемоглобина и (или) гематокрита. Примечательно, что у доноров тромбоцитов все показатели гемограммы не выходили за пределы референтных значений, только у одного донора было выявлено снижение уровня гемоглобина при всех допустимых значениях остальных показателей. Среднее количество процедур тромбоцитфереза в исследуемой группе составляло 20,37 за 4,3 года (4,73 процедуры в год).

В группе доноров крови-женщин средние цифры ферритина укладывались в нормативные показатели, однако у 12 женщин отмечен сниженный уровень ферритина (7,7–19,2 нг/мл), независимо от количества донаций. Истощение запасов железа выявлено в группе молодых доноров-женщин между 2–6 донациями (табл. 6). Среднее количество кроводач в год, приходящееся на одного донора-женщину с низким уровнем ферритина в данной группе составляло – 1,9 донаций.

Частота ЛДЖ среди доноров женского пола была значимо выше в сравнении с уровнем железодефицитного состояния среди мужчин-доноров и составила соответственно 68,8 % против 45,5 % ( $p > 0,01$ ). Клинические эффекты, связанные с потерей железа при отсутствии анемии, трудно идентифицировать. Длительность донорского стажа (табл. 6, 7), определяемая количеством кроводач и общим объемом сданной крови, прямо влияет на запасный фонд железа в организмах доноров и определяет риск развития дефицита железа у доноров. Наблюдался незначитель-

Таблица 5

**Показатели обмена железа и гемоглобина у доноров-женщин ( $n = 73$ )**

Table 5

**Iron metabolism and hemoglobin indices in female donors ( $n = 73$ )**

Показатель	Группа доноров						Диа-пазон
	первичные ( $n = 14$ )	сдающие 1–2 раза в год ( $n = 12$ )	регулярно 3 года ( $n = 6$ )	регулярно 4 года и больше ( $n = 24$ )	смешанные донации ( $n = 6$ )	доноры тромбоци- тов ( $n = 11$ )	
СЖ, мкмоль/л	$25,75 \pm 2,97$ (13,0–50,4)	$16,2 \pm 3,5$ (6,5–39,9)	$26,6 \pm 1,4$ (22,6–31,4)	$20,1 \pm 2,3$ (4,0–48,3)	$25,9 \pm 10,3$ (5,8–69,3)	$13,4 \pm 1,8$ (5,6–16,7)	5,8–34,5
ОЖСС, мкмоль/л	$61,2 \pm 1,3$ (52,7–69,1)	$70,2 \pm 3,8$ (56,5–96,8)	$73,1 \pm 6,8$ (59,2–101,4)	$67,5 \pm 1,8$ (46,6–82,3)	$70,4 \pm 2,52$ (64,6–80,2)	$70,0 \pm 4,4$ (58,6–85,9)	45,3–77,1
НЖСС, мкмоль/л	$35,5 \pm 4,17$ (2,4–55,0)	$53,9 \pm 3,5$ (30,2–67,3)	$41,5 \pm 8,0$ (27,8–77,4)	$46,6 \pm 2,6$ (21,8–72,1)	$44,4 \pm 10,8$ (7,3–74,4)	$56,6 \pm 4,9$ (41,9–72,2)	22,3–70,1
Ферритин, нг/мл	$33,3 \pm 4,5$ (9,3–65,9)	$17,38 \pm 3,2^*$ (3,5–37,2)	$26,8 \pm 5,4$ (14,5–47,8)	$28,9 \pm 3,5$ (9,00–77,4)	$20,3 \pm 5,1$ (2,4–34,3)	$22,8 \pm 5,13$ (9,6–55,3)	15,0–300,0
СТ, г/л	$2,72 \pm 0,07$ (2,3–3,1)	$2,87 \pm 0,15$ (3,1–5,1)	$3,21 \pm 0,3$ (2,5–4,4)	$2,9 \pm 0,1$ (0,8–3,7)	$3,14 \pm 0,11$ (2,9–3,6)	$3,14 \pm 0,1$ (2,6–3,9)	2,0–3,6
КНТЖ %	$41,2 \pm 5,9$ (20,5–95,4)	$22,1 \pm 4,0^*$ (8,9–51,0)	$37,2 \pm 4,7$ (23,7–53,0)	$29,3 \pm 2,7$ (8,5–61,1)	$36,8 \pm 13,4$ (7,2–90,4)	$20,9 \pm 2,4$ (7,4–28,5)	16–50 %
HGB, г/л	$131,2 \pm 1,9$ (120–144)	$131,1 \pm 2,8$ (121–150)	$133,0 \pm 4,6$ (117–146)	$130,9 \pm 1,8$ (119–153)	$132,2 \pm 3,9$ (121–145)	$128,7 \pm 2,3$ (121–132)	120–165
Количество донаций	0	1–2	$8,83 \pm 2,10$ (3,0–12,0)	$22,96 \pm 2,83$ (6,0–60,0)	$23,5 \pm 2,2$ (5,0–60,0)	$20,4 \pm 16,1$ (3,0–103)	0–103

Таблица 6

**Влияние количества донаций на обмен железа у доноров-женщин ( $M \pm SD$ )**

Table 6

**The effect of the number of donations on iron metabolism in female donors ( $M \pm SD$ )**

Группа обследованных доноров-женщин	СФ, нг/мл	рТфР, г/л	НЖСС, мкмоль/л	ОЖСС, мкмоль/л
Первичные доноры ( $n = 15$ )	$33,3 \pm 4,5$ (9,3–65,9)	$2,72 \pm 0,07$ (2,3–3,1)	$35,5 \pm 4,17$ (2,4–55,0)	$61,2 \pm 1,3$ (52,7–69,1)
Доноры с 1–2 донациями ( $n = 11$ )	$17,38 \pm 3,2^*$ (3,5–37,2)	$2,87 \pm 0,15$ (3,1–5,1)	$53,9 \pm 3,5$ (30,2–67,3)	$70,2 \pm 3,8$ (56,5–96,8)
Доноры с 3–10 донациями ( $n = 21$ )	$26,15 \pm 6,2$ (12,0–77,4)	$4,28 \pm 0,26^*$ (3,1–5,9)	$53,1 \pm 4,7$ (27,8–77,4)	$74,0 \pm 3,5$ (53,6–101,4)
Доноры с количеством донаций более 10 ( $n = 26$ )	$29,8 \pm 3,8$ (9,0–69,9)	$3,49 \pm 0,28$ (1,9–6,4)	$42,8 \pm 2,7$ (21,8–65,6)	$65,5 \pm 2,2$ (46,6–82,3)

Примечание: \* –  $p < 0,01$  – значимые различия в сравнении с группой первичных доноров

Note: \* –  $p < 0.01$  – significant differences compared to the primary donor group

ный разброс данных, позволяющий связать низкий уровень ферритина с видом донации, длительностью донорского стажа, частотой донаций (см. табл. 7) [4], полом и возрастом. Вероятно, значение имеют диета доноров и индивидуальные особенности организма, в частности, наличие заболеваний желудочно-

но-кишечного тракта, нарушающих всасыва-емость железа в кишечнике.

**Обсуждение.** По анализу результатов обследования 174 доноров установлен достаточно высокий процент развития железодефицитного состояния у лиц, относящихся к группам риска. Интенсивность донаций и женский пол



Таблица 7

**Группы доноров, наиболее подверженные риску развития железодефицита**

Table 7

**Donor groups most at risk of developing iron deficiency**

Группа доноров крови и (или) ее компонентов	Лабораторный показатель
Регулярные доноры-мужчины: стаж более 3 лет возраст моложе 25 лет и старше 45	HGB > 130 г/л Количество донаций ≥ 6 СЖ ≤ 9,0 мкмоль/л, СФ ≤ 29,0 нг/мл
Регулярные доноры-мужчины: стаж более 4 лет возраст 25–45 лет	HGB > 130 г/л Количество донаций больше 10 СЖ ≤ 9,0 мкмоль/л; СФ ≤ 29,0 нг/мл
Доноры-женщины: сдающие кровь 1–2 раза в год возраст 18–25 лет	HGB > 120 г/л Количество донаций больше 2 СЖ ≤ 9,0 мкмоль/л, СФ ≤ 20,0 нг/мл
Доноры-женщины смешанные донации возраст 18–25 лет	HGB > 120 г/л Количество донаций больше 6 СЖ ≤ 12,0 мкмоль/л, СФ ≤ 19,0 нг/мл
Доноры-женщины тромбоцитоз возраст старше 45 лет	HGB > 120 г/л Количество донаций ≥ 10 СЖ ≤ 9,0 мкмоль/л, СФ ≤ 19,0 нг/мл

считаются наиболее сильными независимыми предикторами дефицита железа [7, 8]. Доноры со значениями гемоглобина у нижней границы нормы, с отклонениями 3–6 г/л и доноры тромбоцитоза часто склонны к истощению запасов железа при продолжающихся донациях, следовательно, к риску развития ЛЖД. Для выявления риска развития ЛЖД у доноров необходимо ввести определение СФ как критерия железодефицитного состояния у всех первичных доноров и у активных доноров – 1 раз в год, особенно после каждой 10-й донации крови и (или) ее компонентов. Проводя мониторинг уровня сывороточного ферритина в динамике, можно оценить, в какой степени интервалы сдачи крови достаточны для повышения (нормализации) его уровня и содержания гемоглобина в крови. В то же время выявление сниженного уровня ферритина и своевременная профилактика ЛЖД позволят сократить продолжительность отсрочки от донации, увеличить количество возврата доноров и улучшить их здоровье. Пограничный гемоглобин и пороговые значения ферритина являются критериями риска развития ЛЖД. Донорам, подверженным риску развития ЛДЖ, рекомендуется проводить клинический анализ крови, исследовать сывороточное железо и ферритин не реже 1 раза в год после 2 и более донаций; если при нормальном уровне гемоглобина выявляются отклонения

в указанных лабораторных маркерах, то констатируют ЛЖД.

Особое внимание при ранней диагностике ЛЖД необходимо уделять следующим группам:

- регулярные доноры крови;
- доноры-женщины, сдающие кровь чаще 2 раз в год;
- доноры-мужчины, сдающие кровь чаще 3 раз в год;
- доноры, соблюдающие диету, в том числе веганы и вегетарианцы.

Рекомендовано регулярное тестирование крови на СФ и выбор дополнительных информативных параметров, позволяющих оценить запасы железа в организме:

1. Измерение концентрации СФ рекомендовано всем донорам в случае пограничного уровня гемоглобина, женщинам-донорам репродуктивного возраста между 2-й и 6-й донациями крови и мужчинам с количеством донаций более 10;

2. Динамическое наблюдение за донорами с увеличением количества донаций крови в течение года по ряду необходимых параметров обмена железа с учетом пограничного гемоглобина;

3. Выполнение биохимических и иммунохимических тестов для оценки и диагностики железодефицита, позволяющих обосновать окончательный диагноз;

Принятие решения об увеличении длительности интервала между донациями или

об ограничении допустимого количества донаций в год.

**Заключение.** На основании полученных результатов можно сделать вывод о целесообразности определения СФ у первичных и регулярных доноров крови для ранней диагностики дефицита железа с целью пред-

упреждения развития железодефицитной анемии и сохранения донорского контингента. Пороговые значения сывороточного ферритина определяются как критерий нормальных запасов железа в организме человека, а его измерение позволяет заподозрить дефицит железа.

#### Сведения об авторах:

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

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

*Бессмельцев Станислав Семенович* – заслуженный деятель науки РФ, доктор медицинских наук, профессор, руководитель научных исследований, Российский НИИ гематологии и трансфузиологии ФМБА России; Россия, 191024, Санкт-Петербург, ул. 2-я Советская, д. 16; 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, FMBA of Russia; Russia, 191024, Saint Petersburg, 2nd Sovetskaya Str., 16; ORCID: 0000-0003-4842-2504; e-mail: reger201309@mail.ru

*Daria V. Lastochkina* – Cand. of Sci. (Med.), Junior Researcher, Research Laboratory of Blood Transfusion Technologies, Russian Research Institute of Hematology and Transfusiology of the FMBA of Russia; Russia, 191024, Saint Petersburg, 2nd Sovetskaya Str., 16; ORCID: 0000-0002-2727-1092; e-mail: bloodscience@mail.ru

*Stanislav S. Bessmeltsev* – Honored Worker of the Russian Federation, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of Scientific Research, Russian Research Institute of Hematology and Transfusiology, FMBA of Russia; Russia, 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 ICMJ (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

**Наибольший вклад распределен следующим образом:** концепция и дизайн – Г. В. Гришина, Д. В. Ласточкина; статистическая обработка материала – Г. В. Гришина, Д. В. Ласточкина; подготовка рукописи – Г. В. Гришина, С. С. Бессмельцев.

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

**Special contribution:** GVG, DVL concept and design. GVG, DVL statistical processing of the material. GVG, SSB preparation of the manuscript.

**Соблюдение этических стандартов:** исследование одобрено этическим комитетом ФГБУ РосНИИГТ ФМБА России (протокол от 29.08.2024 года № 45; все участники исследования – доноры подписали добровольное информированное согласие на забор образцов крови и дальнейший анализ).

**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 (Minutes No. 45 of August 24, 2024); all study participants-donors signed a voluntary informed consent for blood sampling and further analysis.

**Потенциальный конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

**Финансирование:** Работа выполнена в рамках НИР по Гос. заданию. № 122040100057–8.

**Funding:** The work was carried out within the framework of research and development work under State assignment No. 122040100057–8.

Поступила/Received: 18.08.2025

Принята к печати/Accepted: 15.12.2025

Опубликована/Published: 30.12.2025

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Попович М. Ю. Железодефицитная анемия: оценка статуса железа в организме по уровню сывороточного ферритина с учетом рекомендаций ВОЗ (2020). *Гематология. Трансфузиология. Восточная Европа*. 2020. 6(4). 479–488 [Popovich M. Yu. Iron deficiency anemia: assessment of the status of iron in the body by the level of serum ferritin, taking into account WHO recommendations (2020). *Hematology. Transfusiology. Eastern Europe*, 2020, 6(4), 479–488 (In Russ.)].



2. Рогачевский О. В., Жибурт Е. Б., Чемоданов И. Г., Моисеев С. В. Железодефицитная анемия у доноров крови. *Клиническая фармакология и терапия*. 2018. 27(3). 4–9 [Rogachevsky O. V., Zhiburt E. B., Chemodanov I. G., Moiseev S. V. Iron deficiency anemia in blood donors. *Clinical pharmacology and therapy*, 2018, 27(3), 4–9 (In Russ.)].
3. Чечеткин А. В., Данильченко В. В., Плоцкий Р. А. Проблема железодефицита у доноров крови и пути ее решения. *Трансфузиология*. 2020. 21 (2). 129–145 [Chechetkin A. V., Danilchenko V. V., Plotsky R. A. The problem of iron deficiency in blood donors and ways to solve it. *Transfusiology*, 2020, 21(2), 129–145 (In Russ.)].
4. Гришина Г. В., Кробинец И. И., Касьянов А. Д., Сидоркевич С. В. Выявление и профилактика железодефицитного состояния у доноров крови (компонентов крови). *Медицина экстремальных ситуаций*. 2023. Т. 25, № 4. С. 168–173 [Grishina G. V., Krobinets I. I., Kasyanov A. D., Sidorkevich S. V. Detection and prevention of iron deficiency in blood donors (blood components). *Medicine of extreme situations*, 2023, Vol. 25, No. 4, pp. 168–173 (In Russ)]. <https://doi.org/10.47183/mes.2023.055>.
5. Полякова О. А., Клепикова М. В., Литвинова С. Н. и др. Проблема дефицита железа и железодефицитной анемии в общей медицинской практике. *Профилактическая медицина*. 2022. Т. 25, № 12. С. 127–134 [Polyakova O. A., Klepikova M. V., Litvinova S. N., et al. The problem of iron deficiency and iron deficiency anemia in general medical practice. *Preventive Medicine*, 2022, Vol. 25, No. 12, pp. 127–134. <https://doi.org/10.17116/profmed202225121127> (In Russ.)].
6. Sweegers M. G., Zalpuri S., Quee F. A., et al. Ferritin measurement in Donors-Effectiveness of iron Monitoring to diminish iron deficiency and low haemoglobin in whole blood donors (FIND'EM): study protocol for a stepped wedge cluster randomised trial. *Trials*, 2020, Vol. 21, No. 1, pp. 823. doi: 10.1186/s13063-020-04648-w.
7. WHO guideline on use of ferritin concentrations to assess iron status in individuals and populations. Geneva: World Health Organization; 2020: pp. 1–62.
8. Fillet A.-M., Gross S. Prevention of anemia in blood donors. *Transfus Clin Biol*, 2017, 24(3), 143–147.

## ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ УЧАСТИЯ В БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЯХ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ: РЕТРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

<sup>1</sup>И. И. Дорофеев, <sup>2</sup>И. В. Марченко, <sup>1</sup>М. С. Прокопьев\*, <sup>1</sup>К. В. Днов, <sup>1</sup>Е. А. Чернявский,

<sup>1</sup>В. В. Юсупов, <sup>1</sup>А. Н. Ятманов

<sup>1</sup> Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> 412-й военный госпиталь, филиал 3, г. Моздок, Россия

**ЦЕЛЬ.** Изучить с точки зрения психологии результаты участия военнослужащих в боевых действиях и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Проведено комплексное психологическое обследование 243 сотрудников Министерства внутренних дел Российской Федерации и 219 сотрудников Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. Проанализированы социальные характеристики, особенности участия в боевых действиях, ликвидации чрезвычайных ситуаций, состояние здоровья и заболеваемости. Используются следующие методики: тест Люшера, стандартизированный многофакторный метод исследования личности, опросник травматического стресса для диагностики психологических последствий И. О. Котенева, 16-факторный личностный опросник Р. Кеттелла. Применен метод моделирования структурными уравнениями.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** С помощью метода моделирования структурными уравнениями построены структурные модели направленных (причинно-следственных) связей динамических экзогенных переменных с психологическими особенностями личности сотрудников профессий экстремального профиля деятельности, которые обуславливают возникновение и степень выраженности посттравматического стрессового расстройства, его отдельных симптомов, частоты и длительности временной утраты трудоспособности. Типы психологических и соматических последствий воздействия на сотрудников профессий экстремального профиля деятельности стрессоров высокой интенсивности, разной степени сложности и длительности проявляются в виде донозологических форм (конструктивно-адаптивных, неустойчиво-адаптивных и пограничных), которые отражают различные этапы в континууме Психическое здоровье – Промежуточные формы психического здоровья – Психопатология.

**ОБСУЖДЕНИЕ.** Как у военнослужащих-комбатантов, так и у ликвидаторов (пожарных) имеют место однотипные спектры психологических последствий, связанных с воздействием стресс-факторов травматического уровня. Продолжающаяся боевая деятельность приводит к ухудшению психического состояния, в то время как накопление опыта тушения пожаров – к улучшению состояния и повышению качества адаптации.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Полученные результаты существенно дополняют и конкретизируют данные о психологических последствиях травматического стресса, имеющиеся в зарубежной и отечественной научной литературе.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** морская медицина, боевые действия, чрезвычайная ситуация, военнослужащий, психологические последствия

\*Для корреспонденции: Прокопьев Михаил Сергеевич, e-mail: [vmeda\\_37@mail.ru](mailto:vmeda_37@mail.ru)

\*For correspondence: Mikhail S. Prokopyev, e-mail: [vmeda\\_37@mail.ru](mailto:vmeda_37@mail.ru)

**Для цитирования:** Дорофеев И. И., Марченко И. В., Прокопьев М. С., Днов К. В., Чернявский Е. А., Юсупов В. В., Ятманов А. Н. Психологические последствия участия в боевых действиях и ликвидации чрезвычайных ситуаций: ретроспективное исследование // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 4. С. 60–71,

doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-60-71>; EDN: <https://elibrary.ru/RIYMPT>

**For citation:** Dorofeev I.I., Marchenko I.V., Prokopyev M.S., Dnov K.V., Chernyavsky E.A., Yusupov V.V., Yatmanov A.N. Psychological consequences of participation in combat operations and emergency responsibilities: a retrospective study // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, № 4. P. 60–71, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-60-71>; EDN: <https://elibrary.ru/RIYMPT>

© Авторы, 2025. 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 CONSEQUENCES OF PARTICIPATION IN COMBAT OPERATIONS AND EMERGENCY RESPONSIBILITIES: A RETROSPECTIVE STUDY

<sup>1</sup>Ivan I. Dorofeev, <sup>2</sup>Ilya V. Marchenko, <sup>1</sup>Mikhail S. Prokopyev\*, <sup>1</sup>Konstantin V. Dnov,

<sup>1</sup>Evgeniy A. Chernyavsky, <sup>1</sup>Vladislav V. Yusupov, <sup>1</sup>Alexey N. Yatmanov

<sup>1</sup>Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

<sup>2</sup>412 military hospital, branch 3, Mozdok, Russia

**OBJECTIVE.** To study from a psychological point of view the results of military personnel's participation in combat operations and the elimination of the consequences of emergency situations.

**MATERIALS AND METHODS.** A comprehensive psychological assessment was conducted on 243 employees of the Russian Ministry of Internal Affairs and 219 employees of the Russian Ministry of Civil Defense, Emergencies, and Elimination of Consequences of Natural Disasters. Social characteristics, combat experience, emergency response, health status, and morbidity were analyzed. The following methods were used: the Lüscher personality test, the standardized multifactorial personality test, I. O. Kotenev's Traumatic Stress Inventory for the Diagnosis of Psychological Consequences, and R. Cattell's 16-factor personality questionnaire. Structural equation modeling was also applied.

**RESULTS.** Structural equation modeling was used to construct structural models of directional (cause-and-effect) relationships between dynamic exogenous variables and psychological personality traits in employees engaged in extreme occupations. These traits determine the occurrence and severity of post-traumatic stress disorder, its individual symptoms, and the frequency and duration of temporary disability. The types of psychological and somatic consequences of exposure to high-intensity stressors of varying complexity and duration on employees in extreme occupations manifest themselves in pre-clinical forms (constructive-adaptive, unstable-adaptive, and borderline), reflecting various stages in the continuum Mental Health – Intermediate Forms of Mental Health – Psychopathology.

**DISCUSSION.** Both combatants and firefighters experience similar spectrums of psychological consequences associated with exposure to traumatic stressors. Continued combat activity causes a deterioration in mental health, while increased firefighting experience leads to improved mental health and enhanced adaptation.

**CONCLUSION.** The obtained results significantly complement and specify the data on the psychological consequences of traumatic stress available in foreign and domestic scientific literature.

**KEYWORDS:** marine medicine, maritime medicine, combat operations, emergency, military personnel, psychological consequences

**Введение.** Медико-психологическое сопровождение (МПС) военнослужащих является новым элементом деятельности медицинской службы, в соответствие с которым осуществляется в тесном взаимодействии с органами и подразделениями психологической работы [1]<sup>1</sup>, <sup>2</sup>. Служба МПС включает несколько взаимосвязанных направлений, одно из которых – медико-психологическая реабилитация лиц, подвергшихся чрезмерному воздействию стресс-факторов, характерных для боевых условий или чрезвычайных ситуаций [2, 3].

Комплексное воздействие факторов боевого стресса на военнослужащих может приводить к двум типам последствий – психологическим и психопатологическим<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Гурьянов Ю. Н. Психологическое обеспечение служебно-боевой деятельности военнослужащих войск и органов Пограничной службы Российской Федерации: Автореф. дис. ... д-ра психол. наук. М.: ПА ФСБ РФ; 2003. 340 с.

<sup>2</sup>Международная классификация болезней (10-й пересмотр) (МКБ-10). Классификация психических и поведенческих расстройств. Клинические описания и указания по диагностике. СПб.: Оверлайн; 1994. 300 с.

Психологические последствия состоят в многообразных по форме и длительности негативных изменениях психического состояния личности и физиологических функций (психосоматические реакции). Обычно они квалифицируются как дезадаптивные нарушения предболезненного уровня. При отсутствии корригирующих воздействий изменения психологического уровня могут трансформироваться в психопатологические феномены и психические расстройства. Согласно МКБ-10, соответствующие формы расстройств классифицируются следующим образом:

F43 – Реакция на тяжелый стресс и нарушения адаптации, соматоформные расстройства;

F43.0 – Острая реакция на стресс;

F43.1 – Посттравматическое стрессовое расстройство;

F43.2 – Расстройства адаптации – затяжные стрессогенные невротические реакции – депрессивные, тревожно-депрессивные и др.<sup>2</sup>

Среди отдаленных психопатологических последствий боевого стресса ведущая роль принадлежит посттравматическому стрессовому

Таблица 1

## Эпидемиология посттравматического стрессового расстройства

Table 1

## Epidemiology of posttraumatic stress disorder

Категория пострадавших	Частота ПТСР, %
Ветераны боевых действий:	38,8 – 62,3
Вьетнамской войны США	20,0 – 40,0
Афганской войны СССР	18,6
Чеченских войн РФ	53,0
Лица, перенесшие тяжелые травмы:	15,0
Молодые люди до 30 лет, США	9,0
Гражданское население в целом	1,0

расстройству (ПТСР). Кроме того, в МКБ-10 предусмотрена рубрика F62.0 – Хроническое изменение личности после переживания катастрофы (ПТРЛ). Этому типу личностного изменения может предшествовать значительное по длительности ПТСР. Правомерно предположить, что ПТСР и ПТРЛ представляют собой крайние точки континуума, на протяжении которого расстройство как состояние сосуществует с медленно нарастающими личностными изменениями.

Изучение психологического статуса военнослужащих, участвовавших в локальных конфликтах последних десятилетий, выявило наличие у большинства из них признаков психосоматических заболеваний, пограничных нервно-психических расстройств, а также широкого круга нарушений психологического и психофизиологического характера как с острым, так и с хроническим течением, определяемых как формирующиеся ПТСР (на донозологическом уровне), требующие психологической коррекции [4].

По разным оценкам, частота встречаемости признаков ПТСР у комбатантов и других травмированных лиц широко варьирует (табл. 1)<sup>3,4</sup> [5, 6].

Частота возникновения и степень выраженности клинически оформленных острых стрессовых расстройств, расстройств адаптации, других невротических реакций и ПТСР у комбатантов тесно связана с интенсивностью боев,

со степенью реальной опасности и другими факторами [7].

Согласно данным отечественных авторов, психологические последствия у комбатантов характеризуются высоким уровнем тревоги, ослаблением интереса к выполнению служебных обязанностей, сниженным фоном настроения, повышенным нервно-эмоциональным напряжением, пониженной самооценкой и уверенностью в себе, сниженным самочувствием и наличием многочисленных соматических жалоб на состояние здоровья. В ходе реадaptации к мирным условиям военно-профессиональной деятельности выявляется тенденция к формированию акцентуаций как невротического (ипохондрического, астено-депрессивного, психастенического), так и психотического регистра (эксплозивной, паранойяльной, шизоидной, аутичной). Формирование акцентуаций связано со снижением нервно-психической устойчивости (НПУ), астенизацией нервной системы, истощением адаптационных личностных ресурсов и функциональных резервов организма, сохраняющимся высоким нервно-психическим напряжением, отсутствием признаков эмоциональной разрядки и компенсации [8, 9].

Ригидная фиксация на психологических проблемах проявляется в избирательном установлении межличностных контактов по принципу «чеченец – нечеченец» (по аналогии с «афганцами» – военнослужащими, воевавшими в Афганистане) с активным отвержением лиц, не участвовавших в боевых операциях, не побывавших на их месте [10].

По данным Е. О. Лазебной и М. Е. Зеленовой [11], в работе по изучению последствий военных действий в Афганистане было также показано, что ветераны боевых действий адаптиру-

<sup>3</sup>Лямин М. В. Медико-психологическая реабилитация военнослужащих, участников боевых действий в Чечне в условиях многопрофильного госпиталя: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М.: 6 ЦВКГ; 1999. 164 с.

<sup>4</sup>Короткова Н.В. Психологические и медико-социальные особенности ветеранов локальных войн: Автореф. дис. ... канд. психол. наук. СПб., 2000. 246 с.

ются к условиям мирного времени по-разному. В группе хорошо адаптируемых показатели успешности социального функционирования, общего состояния здоровья, изменений в самовосприятии и самооценке в посттравматическом периоде были более благоприятными. И даже среди ветеранов, имевших диагноз ПТСР, далеко не все имели настолько низкий уровень функционирования в посттравматическом периоде, чтобы быть отнесенными к группе дезадаптированных. Таким образом, расстройства психического здоровья не связаны с социальной адаптацией напрямую. Определенная часть ветеранов оценивала свое пребывание в Афганистане как очень значительное позитивное событие в жизни. Среди тех, кто воспринимал свой афганский опыт резко негативно, преобладали дезадаптированные ветераны с ПТСР, сочетающимся со сниженной самооценкой. В исследовании П. А. Зиборова комбатанты отличались значительно сниженной НПУ, трудностями общения, недостаточным уровнем моральной нормативности, высокой агрессивностью и враждебностью к своему социальному окружению в различных формах (физическая и вербальная, прямая и косвенная, подозрительность, обида, раздражение). Такие поведенческие реакции свидетельствовали о дезадаптационных нарушениях, создавали почву для межличностных конфликтов, асоциального, делинквентного и аддиктивного поведения в условиях мирной жизни<sup>5</sup>. Согласно исследованиям Д. В. Костина с соавт. [12], спустя один год после окончания боевых действий число военнослужащих, склонных к аддиктивному и делинквентному поведению, нарушению моральных норм и имевших служебные взыскания, увеличилось почти в 5 раз. При этом количество распадов семей комбатантов возросло на 30 %. Отсюда вытекает самостоятельная проблема коморбидности ПТСР и аддиктивной патологии [12].

С. В. Чермянин [9] отмечал, что после возвращения из районов боевых действий следы различных нарушений (психические и психосоматические расстройства, различные социальные девиации и др.) сохраняются длительно, иногда

на протяжении всей последующей жизни человека. Они проявляются в дисфункциях вегетативной нервной системы, психосоматических жалобах, асоциальном поведении. Наличие в послебоевом периоде неразрешенных социальных и бытовых проблем, с которыми сталкиваются комбатанты после увольнения с военной службы, усиливает выраженность ПТСР.

**Цель.** Изучить с точки зрения психологии результаты участия военнослужащих в боевых действиях и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

**Материалы и методы.** Проведено комплексное психологическое обследование 243 сотрудников Министерства внутренних дел (МВД) Российской Федерации, в том числе сотрудников мобильных отрядов особого назначения (ОМОН), многократно принимавших участие в контртеррористической операции (КТО) на Кавказе, а также 219 сотрудников Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС), участвовавших в ликвидации пожаров различного ранга сложности.

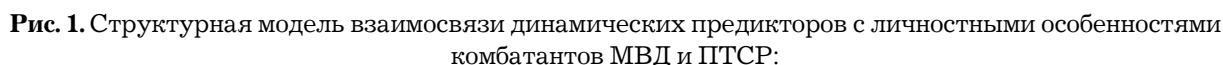
Были проанализированы социальные характеристики, особенности участия в боевых действиях, ликвидации чрезвычайных ситуаций, состояние здоровья и заболеваемости. Использовали следующие методики: тест Люшера, стандартизированный многофакторный метод исследования личности (СМИЛ), опросник травматического стресса для диагностики психологических последствий И. О. Котенева, 16-факторный личностный опросник Р. Кеттелла.

Статистическую обработку проводили с применением пакета программ SPSS Statistics ver. 26.0. Применен критерий Пирсона  $\chi^2$ , метод моделирования структурными уравнениями.

**Результаты.** С помощью метода моделирования структурными уравнениями построены образцы направленных (причинно-следственных) связей динамических экзогенных переменных с психологическими особенностями личности сотрудников профессий экстремального профиля деятельности, которые обуславливают возникновение и степень выраженности ПТСР, его отдельных симптомов, частоты и длительности временной утраты трудоспособности. Основные из них приведены на рис. 1 и 2.

Анализ моделей приводит к следующим заключениям.

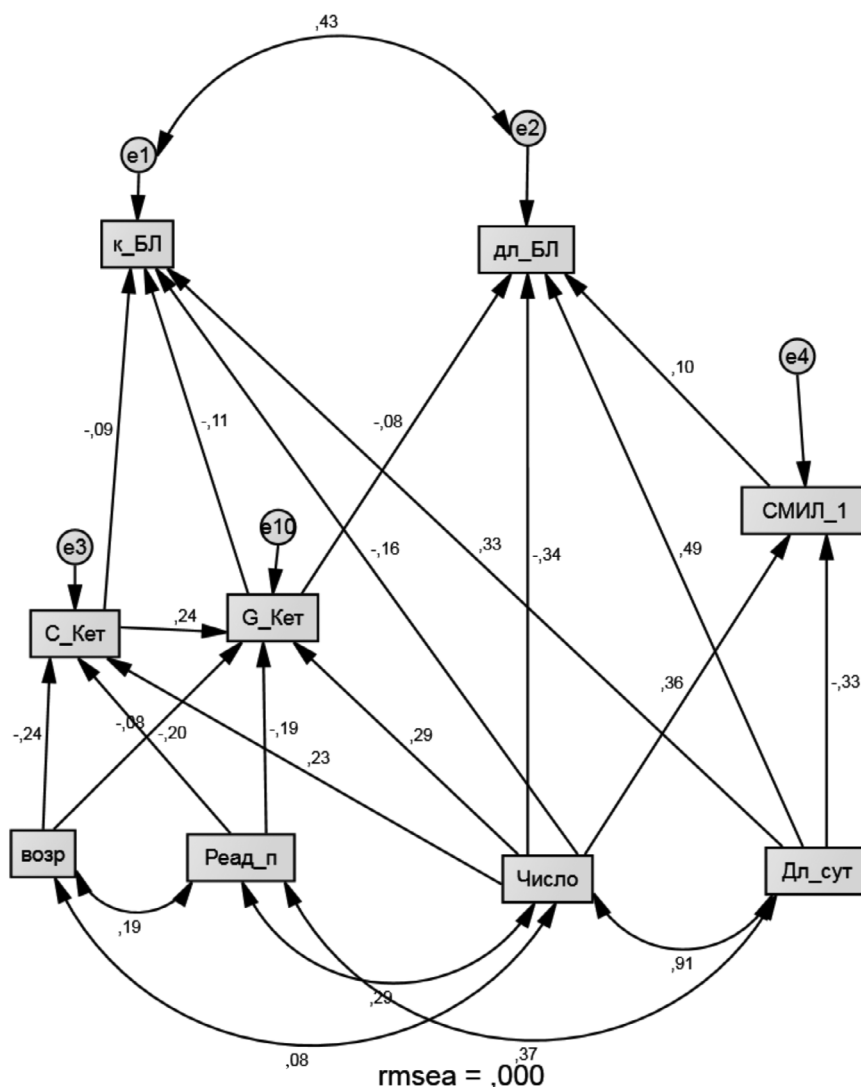
<sup>5</sup>Зиборова П. А. Психологический статус и личностные особенности военнослужащих, участвовавших в локальных войнах и конфликтах: Автореф. дис. ... канд. психол. наук. СПб., 2009. 24 с.



**Fig. 1.** Structural model of the relationship of dynamic predictors with the personal characteristics of combatants of the Ministry of Internal Affairs and PTSD:

Предикторами ПТСР, отдельных посттравматических симптомов и показателей соматической заболеваемости у комбатантов МВД и ОМОНа являются возраст, продолжительность периода реадaptации к мирной жизни, частота и длительность пребывания в зоне вооруженного конфликта. При этом отдельные личностные особенности участников КТО игра-

Возраст может как непосредственно увеличивать степень тяжести ПТСР, так и косвенно влиять на его выраженность через усиление пессимистичности и социальной интровертированности личности.



**Рис. 2.** Структурная модель взаимосвязи динамических переменных с чертами личности комбатантов и показателями соматической заболеваемости.

Экзогенные переменные: возр – возраст; Реад\_п – длительность периода реадaptации к мирной жизни; Дл\_сут – длительность пребывания в зоне контртеррористической операции, сут; Число – количество спецкомандировок. Эндогенные переменные (факторы): С\_Кет – эмоциональная лабильность-стабильность (фактор 16-ФЛО); G\_Кет – низкая-высокая нормативность поведения; «СМЛ\_1» – шкала невротического контроля (СМИЛ); «к\_БЛ» – частота заболеваемости (количество случаев за год); «дл\_БЛ» – длительность заболеваемости (суток за год); e1, e2, e3, e4, e10 – ошибки эндогенных переменных

**Fig. 2.** Structural model of the relationship of dynamic variables with the personality traits of combatants and indicators of somatic morbidity:

Exogenous variables: возр – age; Реад\_п – the duration of the period of readaptation to peaceful life; Дл\_сут – duration of stay in the counter-terrorism operations zone, days; число – the number of special trips. Endogenous variables (factors): С\_Кет – emotional lability-stability (factor 16-ФЛО); G\_Кет – low-high normative behavior; СМЛ\_1 – neurotic control scale (СМИЛ); к\_БЛ – incidence rate (number of cases per year); дл\_БЛ – duration of morbidity (days per year); e1, e2, e3, e4, e10 – errors of endogenous variables

Количество командировок в зону КТО оказывает прямой отрицательный эффект на выраженность посттравматических симптомов и показателей соматической заболеваемости: у комбатантов МВД, многократно участвовавших в спецоперациях, ниже уровень симптомов ПТСР, частоты и длительности нетрудоспособ-

ности, возможно, вследствие успешной адаптации к экстремальным условиям деятельности.

Длительность участия в боевых действиях и продолжительность периода реадaptации к мирной жизни непосредственно не детерминируют выраженность ПТСР, но опосредованно влияют на уровень посттравматиче-



ских симптомов через ряд личностных черт (социальную интроверсию, эмоциональную лабильность, демонстративность, волевой самоконтроль эмоций и поведения, замкнутость, тревожность, чувство вины).

Преморбидная демонстративность является ключевым фактором, препятствующим развитию ПТСР, а отсутствие у личности выраженных истероидных черт повышает риск возникновения тяжелых посттравматических нарушений. Эмоциональная лабильность является стержневым личностным свойством, детерминирующим выраженность отдельных симптомов ПТСР (вторжения, избегания, гиперактивации) и частоту соматической заболеваемости. Чувство вины, тревожность (личностная или ситуативная, вследствие постоянной антиципации угрозы) и низкий волевой самоконтроль усугубляют симптомы вторжения и физиологической гипервозбудимости. Пессимистичность, социальная интроверсия, отчужденность и безразличие усиливают выраженность ПТСР и его отдельных симптомов (вторжения, избегания, гиперактивации) у комбатантов МВД.

Риск нозологически выраженного ПТСР выше в отдаленном периоде реадaptации к мирной жизни после однократного, но длительного воздействия боевого стресса у социально интровертированных, пессимистичных комбатантов МВД зрелого возраста, у которых минимально выражены демонстративные черты личности. Риск развития ПТСР минимален в раннем реадaptационном периоде после частых и краткосрочных командировок в зону КТО, у демонстративных, экстравертированных комбатантов молодого возраста.

Повышенный уровень симптомов избегания ПТСР наблюдается в отдаленном периоде реадaptации к мирной жизни у эмоционально лабильных, скрытных (шизотимных) комбатантов зрелого возраста, однократно и кратковременно участвовавших в боевых действиях. Симптомы избегания ПТСР не выражены в раннем реадaptационном периоде после частых и длительных спецкомандировок у эмоционально устойчивых циклотимных комбатантов молодого возраста.

Риск выраженных симптомов вторжения и гипервозбудимости ПТСР выше в отдаленном периоде реадaptации к мирной жизни после однократной краткосрочной командировки

в зону КТО у эмоционально лабильных, замкнутых комбатантов зрелого возраста с низким волевым самоконтролем, испытывающих чувство вины и фрустрационной тревожности.

Симптомы вторжения и гипервозбудимости ПТСР минимальны в раннем реадaptационном периоде частых и длительных спецкомандировок у эмоционально устойчивых, умеющих контролировать эмоции и поведение, циклотимных комбатантов молодого возраста, у которых отсутствуют фрустрационная тревожность и чувство вины, а мотивы и цели интегрированы и не противоречат друг другу.

Длительность соматической заболеваемости у комбатантов МВД увеличивается на фоне повышенного невротического контроля (преморбидной ипохондричности личности) и низкой нормативности поведения. Риск частой и длительной заболеваемости выше в отдаленном периоде реадaptации после однократной длительной командировки в зону КТО у комбатантов зрелого возраста, отличающихся эмоциональной лабильностью и низкой нормативностью поведения. В условиях частых и непродолжительных спецкомандировок длительно болеют лица с преморбидно выраженными невротическими чертами личности. Редкая и непродолжительная заболеваемость отмечается в раннем реадaptационном периоде частых и длительных спецкомандировок у эмоционально устойчивых, ответственных, следующих моральным нормам комбатантов молодого возраста, у которых отсутствуют эмоциональная напряженность и ипохондрические черты личности.

На основе анализа и обобщения математических моделей была создана концептуальная теоретическая модель отдаленных постстрессорных психологических изменений. Она состоит из трех компонентов (блоков):

Первый блок (Временные предикторы) включает частоту (общее количество спецкомандировок) и длительность участия в проведении КТО, продолжительность стажа службы и периода реадaptации к мирной жизни, возраст сотрудников МВД и МЧС, периодичность (частота) участия в ликвидации пожаров повышенных (3–5-го) рангов сложности.

Второй блок (Особенности и свойства личности) включает характерологические особенности профессионалов, а также наличие или отсутствие у них черепно-мозговых травм (вы-

ступающих в качестве органической почвы для психических изменений), играющие роль посредников (медиаторов) влияния динамически действующих факторов на тип психологических и соматических последствий экстремальной деятельности. Важной составляющей этого блока является мотивационный компонент (эго-ориентированная или социально-ориентированная мотивация личности к участию в опасной для жизни и здоровья деятельности), а также степень подготовленности (психологической, физической, профессиональной) к действиям в экстремальных условиях.

Способствуют возникновению негативных последствий:

1) медиаторы 1-го порядка – личностные особенности, непосредственно усиливающиеся (или возникающие) под влиянием динамически действующих предикторов (пессимистичность, социальная интроверсия, ригидность, невротический контроль, импульсивность, эмоциональная лабильность, низкий волевой самоконтроль эмоций и поведения, индивидуалистичность), а также черепно-мозговые травмы, выступающие в качестве органической основы неврологических, эндокринных, вегетативных и психических дисфункций;

2) медиаторы 2-го порядка, усугубляющиеся или возникающие под влиянием медиаторов 1-го порядка: фрустрационная напряженность, чувство вины, тревожность, замкнутость, безразличие (шизотимия), низкая нормативность поведения, и обеспечивающие, в совокупности с медиаторами 1-го порядка, косвенный эффект влияния прогностических факторов;

3) негативная (эго-ориентированная) мотивация к участию в экстремальной деятельности, в основе которой лежат индивидуально-ориентированные физиологические и утилитарные потребности, а также потребность в безопасности, самоутверждении или пассивная жизненная позиция (уход от жизненных проблем). Такая мотивационная направленность обуславливает высокий риск собственной неосторожности, утраты здоровья или жизни, может привести к потерям личного состава в экстремальных условиях, а также стать источником проблем в совместной (групповой) деятельности (при неадекватных, хаотичных действиях, безответственности, трусости и др.);

4) недостаточный уровень подготовленности личности (профессиональной, физической

и психологической) к действиям в экстремальных условиях.

Препятствуют возникновению негативных последствий:

1) медиаторы 1-го порядка: оптимистичность, экстраверсия, гибкость мышления и поведения, демонстративность, эмоциональная устойчивость (зрелость), высокий волевой самоконтроль, интегрированность (непротиворечивость) мотивов и целей, практичность, рациональность в решении проблем, отсутствие в анамнезе черепно-мозговых травм;

2) медиаторы 2-го порядка: общительность, готовность к сотрудничеству (аффектотимия), спокойствие, невозмутимость, расслабленность, отсутствие чувства вины, высокая нормативность поведения;

3) позитивная (социально-ориентированная) мотивация к участию в экстремальной деятельности основывается на потребностях высшего порядка (в уважении, принадлежности, чувстве долга, помощи людям, познании нового, самореализации, любви к профессии и др.), что повышает эффективность выполнения служебно-боевых задач и приводит к конструктивно-позитивным последствиям;

4) высокий уровень подготовленности (профессиональной, физической и психологической) к действиям в экстремальных условиях.

Наконец, третий блок (Типы последствий) отражает три типа психологических и соматических последствий экстремальной деятельности, возникающих как в ранний (до одного года), так и отдаленный (более одного года) периоды. В качестве одного из критериев отнесения к выделенным типам использовали уровни выраженности ПТСР (отдельных симптомов и итоговых интегральных показателей), так как в большинстве выборок момент обследования был отсрочен от первого воздействия травматического стресса (психотравмы) более чем на 3 мес.

Типы последствий коротко описываются следующим образом.

Конструктивно-адаптивный тип последствий характеризуется отсутствием симптомов ПТСР (уровень ниже 50 Т-баллов) и зависимости от психоактивных веществ (ПАВ), низкими показателями заболеваемости (полным здоровьем или отсутствием динамических сдвигов от исходного уровня частоты и длительности временной утраты трудоспособности), оптимальной психофизиологической мобилизо-

ванностью, стеническим типом стрессового реагирования, рациональной конструктивной активностью, оптимизмом, решительностью, мужественностью, конформизмом. Вероятно, конструктивное стрессовое реагирование явилось результатом успешной профессиональной адаптации наиболее подготовленных сотрудников МВД и МЧС, которые не имеют признаков личностной дисгармонии и соответствуют высокому уровню психического здоровья.

Неустойчиво-адаптивный тип отличается умеренно выраженными симптомами ПТСР (50–64 Т-баллов), средними показателями заболеваемости, психического напряжения, утомления и дистресса, стеническим типом стрессового реагирования с преобладанием возбудимых черт (импульсивной гиперактивностью, склонностью к риску, агрессивным реакциям), индивидуалистичностью, эгоцентричностью, авторитарностью. Адаптация достигается сбалансированностью разнонаправленных личностных паттернов, мобилизацией ресурсов и защитных механизмов, однако в условиях длительно действующих профессиональных стресс-факторов существует риск перехода в группу пограничных последствий и развития функциональных соматических нарушений.

Негативный (пограничный) тип последствий отличается выраженными симптомами ПТСР (65–75 Т-баллов), психической напряженности и утомления, частой и длительной заболеваемостью, склонностью к употреблению ПАВ (алкогольных напитков, никотина), гипостеническим (тормозимым) или смешанным типом стрессового реагирования с конфликтным сочетанием гипостенических (инертность, пассивность, пессимизм) и стенических (возбудимость, импульсивность, авторитарность) личностных

свойств, неконформизмом. В экстремальной обстановке высока вероятность лихорадочной эмоционально-двигательной активности с паническими реакциями или пассивного стрессового реагирования с депрессивными переживаниями. В постреактивный период возможны срыв деятельности и дезадаптация (в виде психопатического, неврастенического, психосоматического вариантов, выраженной зависимости от ПАВ, суицидального риска).

Соотношение описанных выше типов в обследованных группах военнослужащих представлено в табл. 2 и 3.

**Обсуждение.** Типы психологических и соматических последствий воздействия на сотрудников профессий экстремального профиля деятельности стрессоров высокой интенсивности, разной степени сложности и длительности проявляются в виде донозологических форм (конструктивно-адаптивных, неустойчиво-адаптивных и пограничных), которые отражают различные этапы в континууме Психическое здоровье – Промежуточные формы психического здоровья – Психопатология.

Как у военнослужащих-комбатантов, так и у ликвидаторов (пожарных) имеют место однотипные спектры психологических последствий, связанных с воздействием стресс-факторов травматического уровня. В раннем периоде реадaptации негативные последствия чрезвычайной ситуации преобладали над факторами боевого стресса (см. табл. 2). Различия статистически значимо по критерию хи-квадрат ( $p = 0,05$ ). В отдаленном периоде соотношение было иным (см. табл. 3). Негативные последствия боевого стресса у менее подготовленных по отношению к бойцам ОМОНа сотрудников МВД в сравнении с пожарными

Таблица 2

**Типы психологических последствий, наблюдаемые у комбатантов МВД и сотрудников МЧС после воздействия факторов чрезвычайных ситуаций в ранний период реадaptации**

Table 2

**Types of psychological consequences observed in combatants of the Ministry of Internal Affairs and employees of the Ministry of Emergency Situations after exposure to emergency factors in the early period of readaptation**

Тип последствий	Комбатанты МВД, % ( $n = 40$ )	Сотрудники МЧС, % ( $n = 97$ )
Конструктивно-адаптивный	37,5	18,7
Неустойчиво-адаптивный	45	38,7
Негативный (пограничный)	17,5	42,6

Таблица 3

**Типы психологических последствий, наблюдаемые у комбатантов и сотрудников МЧС  
в отдаленные сроки служебно-боевой деятельности**

Table 3

**Types of psychological consequences observed among combatants and employees of the Ministry  
of Emergency Situations in the long-term periods of service and combat activities**

Тип последствий	Комбатанты МВД, % (n = 108)	Комбатанты ОМОНа, % (n = 95)	Сотрудники МЧС, % (n = 122)
Конструктивно-адаптивный	29,6	<b>62</b>	55,4
Неустойчиво-адаптивный	<b>51,0</b>	21,3	28,8
Негативный (пограничный)	19,4	16,7	15,8

значительней по глубине и продолжительности (различия статистически достоверны по критерию хи-квадрат;  $p = 0,05$ ). Спектр изменений у бойцов ОМОНа и пожарных примерно одинаковый и существенно более благоприятный по сравнению с ранним периодом. В целом следует отметить, что продолжающаяся боевая деятельность приводит к ухудшению психического состояния, в то время, как накопление опыта тушения пожаров – к улучшению состояния и повышению качества адаптации.

Полученные результаты существенно дополняют и конкретизируют данные о психологических последствиях травматического стресса, имеющиеся в зарубежной и отечественной научной литературе<sup>6, 7</sup>.

**Заключение.** Результаты одномерных и многомерных методов обработки эмпирических данных позволили обобщить эмпирический материал и создать структурно-динамическую модель изменений личности сотрудников профессий экстремального профиля деятельности.

<sup>6</sup>Ичитовкина Е. Г. Клинические и социально-психологические особенности комбатантов Министерства внутренних дел при воздействии стресс-факторов боевой обстановки: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Архангельск, 2011. 22 с.  
<sup>7</sup>Набиев Р. Г. Особенности посттравматического стрессового расстройства у сотрудников МВД в зависимости от индивидуально-типологического и профессионального статуса: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Челябинск, 2015. 121 с.

**Сведения об авторах:**

*Дорофеев Иван Иванович* – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник 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

*Марченко Илья Викторович* – старший ординатор, 412-й военный госпиталь, филиал 3; Россия, 363757, РСО-Алания, г. Моздок, ул. Полевая, д. 142; SPIN: 7025-7968; e-mail: vmeda\_37@mil.ru

*Прокопьев Михаил Сергеевич* – курсант, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; e-mail: vmeda\_37@mil.ru

*Днов Константин Викторович* – доктор медицинских наук, доцент, преподаватель кафедры военно-полевой терапии, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0002-1054-4779; e-mail: vmeda\_37@mil.ru

*Чернявский Евгений Александрович* – кандидат медицинских наук, начальник научно-исследовательской лаборатории Научно-исследовательского центра, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0002-1097-2749

*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:**

*Ivan I. Dorofeev* – Cand. of Sci. (Med.), Senior Researcher of the Research Center, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0009-0005-3195-3423; e-mail: vmeda\_37@mil.ru

Ilya V. Marchenko – Senior Resident, 412th Military Hospital, Branch 3; Russia, 363757, North Ossetia-Alania, Mozdok, Polevaya Str., 142; SPIN: 7025-7968; e-mail: vmeda\_37@mail.ru

Mikhail S. Prokopyev – Cadet, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; e-mail: vmeda\_37@mail.ru

Konstantin V. Dnov – Dr. of Sci. (Med.), Associate Professor, Lecturer in the Department of Military Field Therapy, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0000-0002-1054-4779; e-mail: vmeda\_37@mail.ru

Evgeniy A. Chernyavsky – Cand. of Sci. (Med.), Head of the Research Laboratory of the Scientific Research Center, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0000-0002-1097-2749

Vladislav V. Yusupov – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head at the Research Department of Medical and Psychological Support of the Research Center, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0000-0002-5236-8419; e-mail: vmeda\_37@mail.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@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 – И. И. Дорофеев, В. В. Юсупов; сбор данных – М. С. Прокопьев, И. И. Дорофеев, Е. А. Чернявский, В. В. Юсупов; анализ данных и выводы – В. В. Юсупов, К. В. Днов; подготовка рукописи – И. И. Дорофеев, К. В. Днов, Е. А. Чернявский, 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:** IID, VVYu contribution to the concept and plan of the study. MSP, IID, EAC, VVYu contribution to data collection. VVYu, KVD contribution to data analysis and conclusions. IID, KVD, EAC, VVYu, ANYa contribution to the preparation of the manuscript.

**Потенциальный конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

**Финансирование.** Исследование проведено без дополнительного финансирования.

**Funding.** The study was carried out without additional funding.

Поступила/Received: 09.09.2025

Принята к печати/Accepted: 15.12.2025

Опубликована/Published: 30.12.2025

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. 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.)].
2. 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.)].
3. 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.)].
4. 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.)].
5. 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. Legal Psychology, 2019, No. 1, pp. 28–35 (In Russ.)].
6. 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.)].

7. 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.)].
8. 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.)].
9. 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.)].
10. 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.)].
11. 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.)].
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; ООО Айсинг. 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.)].

## МНОГОЛЕТНИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОБСТОЯТЕЛЬСТВ И ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТРАВМ У ВОЕННОСЛУЖАЩИХ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В МИРНОЕ ВРЕМЯ

<sup>1</sup>В. И. Евдокимов\*, <sup>2</sup>В. В. Хоминец, <sup>3</sup>И. Г. Мосягин, <sup>2</sup>П. П. Сивашченко,

<sup>2</sup>С. Г. Григорьев, <sup>1</sup>П. В. Локтионов

<sup>1</sup>Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А. М. Никифорова, МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup>Военно-медицинское управление Военно-Морского Флота России, Санкт-Петербург, Россия

**ЦЕЛЬ.** Анализ обстоятельств и причин возникновения травм у военнослужащих Вооруженных Сил Российской Федерации (ВС России) в мирное время (2013–2021 гг.), знания о которых помогут предупреждать (минимизировать) показатели травматизма.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Проработаны разделы отчетов по форме 3/МЕД за 9 лет: с 2013 по 2021 г. (мирное время) и опубликованные сборники «Показатели здоровья военнослужащих Вооруженных Сил Российской Федерации».

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** Изучение обстоятельств получения травм позволило установить, что во внеслужебное время совершалось 35,8 % учтенных травм, при боевой подготовке – 20,3 %, в том числе при физической подготовке и спорте – 11,5 %, при хозяйственных и строительных работах – 7,4 % и 1,2 % соответственно, при несении службы – 5,7 %, эксплуатации вооружения и военной техники – 4,5 %, боевом дежурстве – 2,4 %, при прочих обстоятельствах – 22,7 %. Причинами травм в 64,6 % случаев была личная неосторожность (психофизиологические особенности), в 10,1 % – нарушения требований техники безопасности, в 4,2 % – правил дорожного движения, в 2,6 % – правил уставных взаимоотношений, в 2,5 % – порядка организации вида деятельности, производства работ, в 15,8 % – другие причины.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Анализ травматизма с участием широкого круга специалистов, выявленные показатели обстоятельств и причин возникновения травм помогут предупреждать (минимизировать) травматизм военнослужащих в повседневной деятельности в мирное время.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** морская медицина, травматизм, военнослужащий, боевая подготовка, несение службы, эксплуатация вооружения и военной техники, физическая подготовка, личная неосторожность, безопасность, Вооруженные Силы России

\*Для корреспонденции: Евдокимов Владимир Иванович, e-mail: [9334616@mail.ru](mailto:9334616@mail.ru)

\*For correspondence: Vladimir I. Evdokimov, e-mail: [9334616@mail.ru](mailto:9334616@mail.ru)

**Для цитирования:** Евдокимов В. И., Хоминец В. В., Мосягин И. Г., Сивашченко П. П., Григорьев С. Г., Локтионов П. В. Многолетние показатели обстоятельств и причин возникновения травм у военнослужащих Вооруженных Сил Российской Федерации в мирное время // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 4. С. 72–80, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-72-80>; EDN: <https://elibrary.ru/QJOFOT>

**For citation:** Evdokimov V. I., Khominets V. V., Mosyagin I. G., Sivashchenko P. P., Grigoriev S. G., Loktionov P. V. Long-term indicators of circumstances and causes of injuries among personnel of Armed Forces of Russian Federation in peacetime // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, No. 4. P. 72–80, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-72-80>; EDN: <https://elibrary.ru/QJOFOT>



## LONG-TERM INDICATORS OF CIRCUMSTANCES AND CAUSES OF INJURIES AMONG PERSONNEL OF ARMED FORCES OF RUSSIAN FEDERATION IN PEACETIME

<sup>1</sup>Vladimir I. Evdokimov\*, <sup>2</sup>Vladimir V. Khominets, <sup>3</sup>Igor G. Mosyagin, <sup>2</sup>Pavel P. Sivashchenko,

<sup>2</sup>Stepan G. Grigoriev, <sup>1</sup>Pavel V. Loktionov

<sup>1</sup>Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia, Saint Petersburg, Russia

<sup>2</sup>Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

<sup>3</sup>Military Medical Department of the Russian Navy, Saint Petersburg, Russia

**OBJECTIVE.** An analysis of the circumstances and causes of injuries among military personnel of the Armed Forces of the Russian Federation (RF) in peacetime (2013–2021), knowledge of which will help prevent (minimize) injury rates.

**MATERIALS AND METHODS.** Sections of reports on form 3/MED for 9 years have been worked out: from 2013 to 2021 (peacetime) and published collections “Health indicators of military personnel of the Armed Forces of the Russian Federation”.

**EWNSULTS.** A study of the circumstances of receiving injuries allowed us to determine that 35.8% of the recorded injuries occurred off-duty, 20.3% during combat training, including 11.5% during physical training and sports, 7.4% and 1.2% during economic and construction work, respectively, 5.7% while on duty, 4.5% while operating weapons and military equipment, 2.4% while on combat duty, and 22.7% under other circumstances. The causes of injuries in 64.6% of cases were personal carelessness (psychophysiological characteristics), in 10.1% – violation of safety requirements, in 4.2% – traffic regulations, in 2.6% – rules of statutory relationships, in 2.5% – the procedure for organizing a type of activity, production of work, in 15.8% – other reasons.

**CONCLUSION.** An analysis of injuries involving a wide range of specialists, the identified indicators of the circumstances and causes of injuries will help prevent (minimize) injuries to military personnel in their daily activities in peacetime.

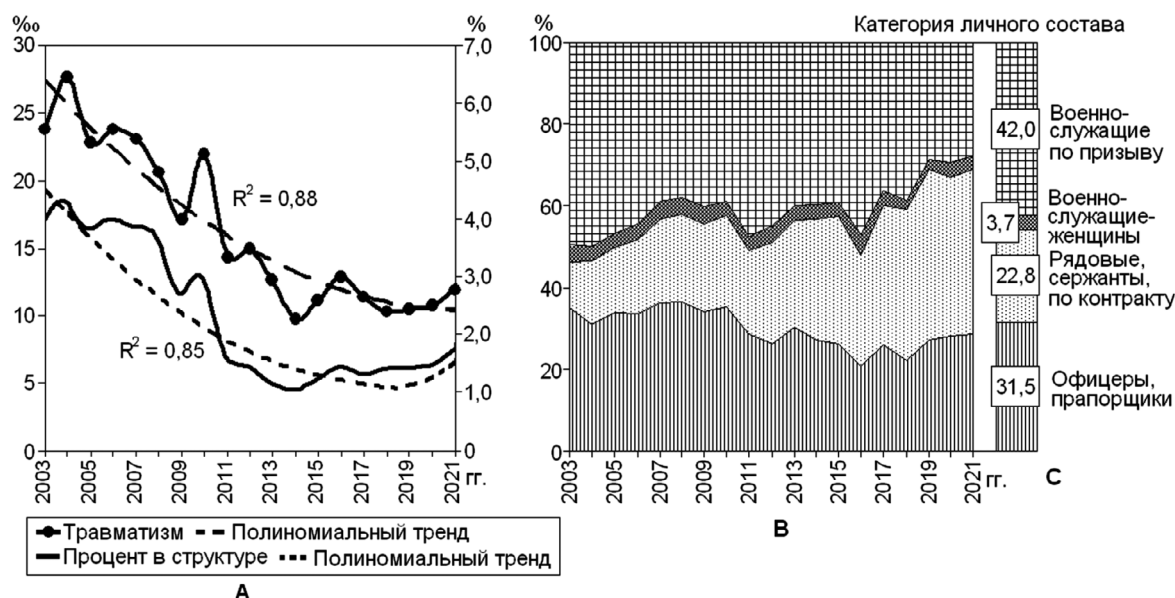
**KEYWORDS:** marine medicine, maritime medicine, trauma, military personnel, combat training, service, operation of weapons and military equipment, physical training, personal carelessness, safety, Russian Armed Forces

**Введение.** Травматизм – количество травм и их последствия, возникающие в определенный период времени, как правило, в течение одного года. Травматизм – важный показатель безопасности деятельности военнослужащих [1–3], значительно увеличивающийся при ведении боевых действий, неслучайно войну называют «травматической эпидемией» [4–6].

В предыдущих исследованиях выявлено, что уровень травматизма без отравлений и других последствий внешних причин у военнослужащих Вооруженных Сил Российской Федерации (ВС России) в 2003–2021 гг. (мирное время) был относительно невысоким и составил  $16,4 \pm 1,3 \text{ ‰}$  с долей 2,5 % от структуры всей первичной заболеваемости по всем классам Международной классификации болезней и проблем, связанных со здоровьем, 10-го пересмотра (МКБ-10), то есть у каждой 1 тыс. военнослужащих ежегодно возникали немногим более 16 механических травм. При высоких коэффициентах детерминации полиномиальные тренды уровня травматизма и процент травм в структуре всей первичной заболеваемости (рис. 1, А) показывают уменьшение данных.

Среднегодовой уровень травматизма у офицеров и прапорщиков составил  $17,4 \pm 1,3 \text{ ‰}$  с долей 4,6 % от структуры всей первичной заболеваемости офицеров и прапорщиков; рядовых и сержантов, проходящих военную службу по контракту, –  $18,0 \pm 1,7 \text{ ‰}$  и 3,5 % от структуры всей первичной заболеваемости рядовых и сержантов контрактной службы; военнослужащих женского пола –  $11,6 \pm 0,7 \text{ ‰}$  и 2,0 % от структуры всей первичной заболеваемости военнослужащих-женщин; военнослужащих, проходящих военную службу по призыву, –  $16,2 \pm 1,6 \text{ ‰}$  и 1,7 % от структуры всей первичной заболеваемости военнослужащих по призыву. При разных по значимости полиномиальных трендов уровни травматизма у категорий личного состава демонстрируют уменьшение данных.

В структуре травматизма всех военнослужащих ВС России доля офицеров составила 31,5 %, рядовых и сержантов контрактной службы – 22,8 %, военнослужащих женского пола – 3,7 %, военнослужащих по призыву – 42,0 % (см. рис. 1, С). В динамике отмечается увеличение доли травматизма у рядовых и сер-



**Рис. 1.** Динамика уровня травматизма и процента в структуре первичной заболеваемости по всем классам по МКБ-10 (А), динамика доли (В) и структура травм у категорий личного состава Вооруженных Сил России (С)

**Fig. 1.** The dynamics of the injury rate and percentage in the structure of primary morbidity in all chapters according to ICD-10 (A), the dynamics of the proportion (B) and the structure of injuries in the categories of personnel of the Russian Armed Forces (C)

жантов, проходящих военную службу по контракту, и уменьшение – у других категорий военнослужащих (см. рис. 1, В).

Если травматизм в структуре всей первичной заболеваемости военнослужащих ВС России был 2,5 %, то среднегодовой уровень смертности от травм составил  $48,7 \pm 4,4$  на 100 тыс. военнослужащих ( $10^{-5}$ ), и 63,7 % от общей смертности военнослужащих [7]. Полиномиальные тренды динамики уровня травм и доли травм в структуре смертности военнослужащих ВС России от всех причин при высоких коэффициентах детерминации показывают уменьшение данных (рис. 2, А).

Среднегодовой уровень смертности от травм у офицеров и прапорщиков составил  $(61,5 \pm 4,9) \times 10^{-5}$  с долей 53 % от структуры всех смертей офицеров; рядовых и сержантов, проходящих военную службу по контракту, –  $(72,2 \pm 5,7) \times 10^{-5}$  и 31,8 % от всех смертей рядовых и сержантов контрактной службы; военнослужащих женского пола –  $(14,3 \pm 1,6) \times 10^{-5}$  и 1,5 % от структуры всех смертей военнослужащих-женщин; военнослужащих, проходящих военную службу по призыву, –  $(31,1 \pm 5,5) \times 10^{-5}$  и 83,9 % от структуры всех смертей военнослужащих по призыву. В дина-

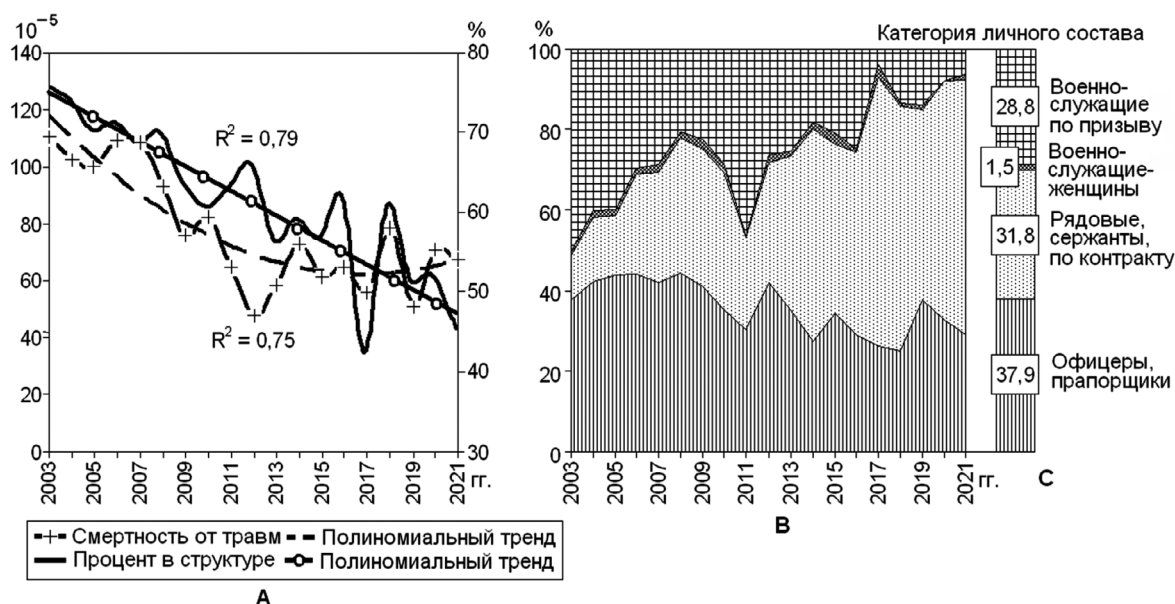
мике отмечается уменьшение уровня смертности по всем категориям личного состава.

В структуре смертности всех военнослужащих ВС России доля смертей офицеров составила 37,9 %, рядовых и сержантов контрактной службы – 31,8 %, военнослужащих женского пола – 1,5 %, военнослужащих по призыву – 28,8 % (рис. 2, С). Отмечается динамика увеличения смертности от травм у рядовых и сержантов, проходящих военную службу по контракту, и ее уменьшение у остальных категорий военнослужащих (см. рис. 2, В).

В монографии обстоятельства получения травм военнослужащими по категориям личного состава ВС России приведены без указания причин и расчета среднегодовых уровней, которые дают сведения о распространенности и динамике травм [2].

**Цель.** Анализ обстоятельств и причин возникновения травм у военнослужащих ВС России в мирное время (2013–2021 гг.), знания о которых помогут предупреждать (минимизировать) показатели травматизма.

**Материал и методы.** Изучены разделы 4.1. «Обстоятельства травм, отравлений и некоторых других последствий воздействия внешних причин» и 4.2 «Обстоятельства и причины



**Рис. 2.** Динамика уровня травм, ставших причиной гибели военнослужащих, и процента в структуре смертности от всех причин (А), динамика долей гибели категорий личного состава Вооруженных Сил России (В) и структура гибели от травм у категорий личного состава (С)

**Fig. 2.** The dynamics of the level of injuries that caused the death of military personnel and the percentage of deaths from all causes (A), the dynamics of the death rates of categories of personnel of the Russian Armed Forces (B) and the structure of deaths from injuries among categories of personnel (C).

травм» Медицинских отчетов о состоянии здоровья и деятельности медицинской службы ВС России (форма 3/МЕД) и опубликованные сборники «Показатели здоровья военнослужащих Вооруженных Сил Российской Федерации», подготовленные сотрудниками Главного военно-медицинского управления Минобороны России [8].

В связи с изменением отчетности согласованные данные об обстоятельствах и причинах травм в когорте военнослужащих были с 2013 по 2021 г. В проанализированных разделах отчета 3/МЕД представлены травмы, связанные с трудовыми потерями по всему XIX классу «Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин» (S00–T98) МКБ-10. Обстоятельства и причины травм рассчитали на 1000 военнослужащих или в промилле (‰). Обстоятельства и причины травм, идентифицированные как другие, обычно не анализировали.

Травматизм оценивали относительными величинами частоты (уровня) и распределения (структуры). Среднегодовые показатели проверяли на нормальность распределения признаков по критерию Колмогорова–Смирнова. В тексте представлены сред-

ние арифметические величины и их ошибки ( $M \pm m$ ). Статистическую обработку проводили по программам пакета Statistica 12. При округлении процентов до десятых величин сумма в колонках (строках) некоторых таблиц может незначительно различаться. Развитие показателей оценивали анализом динамических рядов [9] при помощи полиномиального ряда второго порядка и расчета коэффициента детерминации ( $R^2$ ). Максимальный  $R^2$  составляет 1,0, пороговый – 0,5. Чем больше  $R^2$ , тем значительнее построенный тренд приближается к рассчитанным данным. Значок  $\uparrow$  в таблицах показывает тенденцию роста динамики данных,  $\downarrow$  – уменьшения,  $\rightarrow$  – малоизменяемости (стабильности),  $U$  – U-кривую, иногда правый край тренда был больше (меньше) левого, в этом случае к U-кривой добавляли знаки ( $\uparrow\downarrow$ ).

**Результаты.** Обобщенные показатели обстоятельств получения травм военнослужащими представлены в табл. 1. Уровни обстоятельств получения травм были небольшими, например, при боевом дежурстве на 1 тыс. военнослужащих ежегодно приходилось по 0,3 травмы, при эксплуатации вооружения и военной техники – 0,58 травмы и т. д. Как правило, в проанализированных обстоятельствах отмечалась

тенденция уменьшения травматизма. При высоком коэффициенте детерминации полиномиальный тренд уровня травм при проведении физической подготовки и спорта демонстрирует увеличение показателей в последний период наблюдения, при низких коэффициентах детерминации аналогичные тенденции наблюдаются при эксплуатации вооружения и военной техники на территории войсковой части, при боевом дежурстве и получении травм во внеслужебное время (см. табл. 1).

Среди обстоятельств 1-й ранг значимости составили показатели получения травм во внеслужебное время с уровнем  $4,34 \pm 0,45 \text{ ‰}$  и долей 35,8 % от структуры, 2-й ранг – при боевой подготовке –  $2,59 \pm 0,24 \text{ ‰}$  и 20,3 %, уместно указать, что при физической подготовке и занятиях спортом доля травм в структуре данного обстоятельства была 56,6 %, 3-й ранг – при хозяйственных работах –  $0,88 \pm 0,06 \text{ ‰}$  и 7,4 % соответственно (см. табл. 1). Совокупный вклад указанных ведущих трех обстоятельств составил 63,5 % от всех травм у военнослужащих.

Обобщенные показатели причин получения травм военнослужащими представлены в табл. 2. Так же, как и при обстоятельствах выявлены невысокие уровни причин травм: 1-й ранг значимости среди причин возникновения травм составила личная неосторожность с уровнем  $7,75 \pm 0,53 \text{ ‰}$  и долей 64,6 % от структуры, 2-й ранг – нарушение требований техники безопасности –  $1,23 \pm 0,14 \text{ ‰}$  и 10,1 %, 3-й ранг – нарушения правил дорожного движения –  $0,56 \pm 0,06 \text{ ‰}$  и 4,2 % соответственно. Наблюдается динамика увеличения травм от перечисленных причин, совокупный вклад которых составил 78,9 % всех травм военнослужащих (см. табл. 2).

Обстоятельства получения травм военнослужащими, сумма долей которых в строках составляет 100 %, представлены в табл. 3. Как было указано ранее, наиболее частыми причинами травмирования военнослужащих являлись личная неосторожность или психофизиологический фактор. Травматизм – это не вина военнослужащих, а их «беда» – несоответствие психофизиологических качеств

Таблица 1

**Обобщенные показатели обстоятельств получения травм военнослужащими в 2013–2021 гг.**

Table 1

**Generalized indicators of the circumstances of injury by military personnel in 2013-2021**

Обстоятельство получения травмы	Средний уровень, ( $M \pm m$ ), ‰	Структура, %	Ранг	R <sup>2</sup>	Динамика
Боевое дежурство (служба)	$0,30 \pm 0,14$	2,4	6-й	0,26	↑
Боевая подготовка, в том числе:	$2,59 \pm 0,24$	20,3	2-й	0,50	U
учения	$0,26 \pm 0,02$	2,1		0,01	→
занятия	$0,39 \pm 0,05$	3,2		0,19	↑
физическая подготовка и спорт	$1,38 \pm 0,09$	11,5		0,72	U
другие мероприятия	$0,42 \pm 0,05$	3,5		0,31	U↑
Несение службы, в том числе:	$0,75 \pm 0,10$	5,7	4-й	0,50	↓
гарнизонной	$0,04 \pm 0,01$	0,4		0,41	↓
караульной	$0,07 \pm 0,02$	0,6		0,07	↓
внутренней	$0,55 \pm 0,04$	4,7		0,51	↓
Эксплуатация вооружения и военной техники, в том числе:	$0,58 \pm 0,06$	4,5	5-й	0,50	↓
на территории войсковой части	$0,32 \pm 0,03$	2,8		0,36	U
за пределами войсковой части	$0,22 \pm 0,03$	1,7		0,64	↓
Хозяйственные работы	$0,88 \pm 0,06$	7,4	3-й	0,36	U↓
Строительные работы	$0,14 \pm 0,01$	1,2	7-й	0,49	↓
Во внеслужебное время	$4,34 \pm 0,45$	35,8	1-й	0,16	U
Прочие	$2,78 \pm 0,17$	22,7		0,42	U

Таблица 2

**Обобщенные показатели причин получения травм военнослужащими в 2013–2021 гг.**

Table 2

**Generalized indicators of the causes of injuries by military personnel in 2013-2021**

Причина получения травмы	Средний уровень, ( $M \pm m$ ), ‰	Структура, %	Ранг	R <sup>2</sup>	Динамика
1. Нарушение порядка организации вида деятельности, производства работ	0,33 ± 0,05	2,5	5-й	0,37	↓
2. Нарушение требований техники безопасности	1,23 ± 0,14	10,1	2-й	0,30	↑
3. Личная неосторожность	7,75 ± 0,53	64,6	1-й	0,26	↑
4. Нарушение правил дорожного движения	0,56 ± 0,06	4,2	3-й	0,01	↑
5. Нарушение правил уставных взаимоотношений	0,34 ± 0,05	2,8	4-й	0,01	↓
6. Употребление алкоголя и его суррогатов	0,12 ± 0,04	1,0	6-й	0,23	↑
7. Употребление наркотических веществ	0,02 ± 0,01	0,2	7-й	0,01	↓
8. Другие	1,79 ± 0,12	14,6		0,02	↓

Таблица 3

**Структура причин при обстоятельствах возникновения травм у военнослужащих в 2013–2021 г.**

Table 3

**The proportion of causes of injuries among military personnel in 2013-2021**

Обстоятельство получения травмы	*Причина получения травмы, %								Сумма, %
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Боевое дежурство (служба)	9,7	14,1	30,5	11,6	13,2	13,9	0,0	7,0	100,0
Боевая подготовка, в том числе:	4,6	14,1	67,3	1,2	1,0	0,1	0,0	11,5	100,0
учения	10,7	27,3	45,8	2,8	1,6	0,2	0,0	11,5	100,0
занятия	5,8	24,0	58,1	2,7	0,9	0,1	0,0	8,5	100,0
физическая подготовка и спорт	3,1	9,4	76,3	0,5	0,2	0,0	0,0	10,5	100,0
другие мероприятия	4,8	12,4	59,8	1,3	3,4	0,3	0,1	17,7	100,0
Несение службы, в том числе:	4,1	12,6	64,8	1,3	5,1	0,5	0,1	11,4	100,0
гарнизонной	3,5	10,7	63,2	2,5	0,6	0,6	0,0	18,9	100,0
караульной	2,7	20,2	51,5	2,1	2,1	1,2	0,8	19,4	100,0
внутренней	4,4	11,7	66,8	1,1	5,9	0,5	0,0	9,7	100,0
Эксплуатация вооружения и военной техники, в том числе:	4,9	24,4	46,5	14,8	0,6	0,4	0,0	8,4	100,0
на территории войсковой части	6,3	30,7	48,1	7,8	0,7	0,1	0,0	6,3	100,0
за пределами войсковой части	2,7	14,5	44,0	26,0	0,4	0,8	0,0	11,6	100,0
Хозяйственные работы	6,7	18,6	64,7	0,4	1,9	0,1	0,1	7,4	100,0
Строительные работы	12,1	24,0	49,1	1,5	0,6	0,0	0,0	12,7	100,0
Во внеслужебное время	0,6	5,7	71,9	6,7	1,1	1,3	0,3	12,5	100,0
Прочие	1,3	6,9	55,9	3,5	6,3	0,6	0,3	25,1	100,0

Примечание: \* – Причины получения травм см. в табл. 2

Note: \* – The names of the reasons are presented in the sidebar, see Table 2

человека к быстро меняющимся особенностям окружающей среды, в том числе, обусловленной военно-профессиональными факторами.

Нарушение требований техники безопасности является значимой причиной травм при учениях и занятиях по боевой подготовке, несении

караульной службы, эксплуатации вооружения и военной техники на территории войсковой части, проведении строительных и хозяйственных работ. При эксплуатации вооружения и военной техники за пределами войсковой части 26 % травм возникали в результате нарушений правил дорожного движения. Недопустимым является факт, что около 13–14 % травм при боевом дежурстве совершаются в результате нарушений правил уставных взаимоотношений и употребления алкоголя (см. табл. 3).

**Обсуждение.** К сожалению, травматизм полностью искоренить нельзя, но его можно минимизировать. Подробные сведения о мероприятиях, способных предупреждать возникновение травм у военнослужащих, изложены в ряде публикаций [1, 2, 10]. Перечислим основные:

- учет и анализ всех видов травм с определением причин и их последствий с привлечением командиров, инженерно-технического персонала, инструкторов по физической подготовке, врачей и других специалистов. В международной практике производственного травматизма существует так называемая пирамида несчастных случаев, при которой на 1 летальный случай приходится не менее 300 травм. К сожалению, в России прослеживается тенденция неполного учета (возможно, даже сокрытия) травм. Например, при производственном травматизме в целом по России в 2006–2015 гг. соотношение травм и гибели от травм составляло 23 : 1, среди личного состава Федеральной противопожарной службы МЧС России в 2006–2020 гг. – 17 : 1 [10]. На 1 случай травм с легким ущербом вреда здоро-

вью у пожарных приходилось 8 случаев травм со средним ущербом и 10 случаев травм с тяжелым ущербом, которые невозможно было скрыть [11]. Соотношение учтенных травм и гибели в результате травм у военнослужащих ВС России в 2013–2021 гг. оказалось 43 : 1;

- психологам (воспитателям) и врачам в беседах с военнослужащими акцентировать внимание на формирование здорового образа жизни, здоровьесберегающего поведения и уставных взаимоотношений;

- распределение военнослужащих по призыву на военно-учетные специальности, исходя из индивидуально-психологических качеств, стрессоустойчивости в начальный период обучения и при допуске к ношению оружия;

- проведение дополнительных зачетов с водителями по правилам дорожного движения;

- шире использовать индивидуальные средства защиты при обслуживании вооружения и военной техники, хозяйственных и строительных работах;

- специалистам по физической подготовке следует формировать у занимающихся навыки техники безопасности при выполнении конкретных упражнений и особое внимание уделять личной осторожности при проведении спортивных состязаний.

**Заключение.** Травматизм является управляемым процессом только при учете всех видов травм с анализом причин и их последствий, с привлечением широкого круга специалистов. Выявленные обстоятельства и причины возникновения травм помогут предупреждать (минимизировать) показатели травматизма военнослужащих в повседневной деятельности в мирное время.

#### Сведения об авторах:

*Евдокимов Владимир Иванович* – доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник, Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины имени А. М. Никифорова МЧС России; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 4/2; ORCID: 0000-0002-0771-2102; SPIN: 1692-4593; e-mail: 9334616@mail.ru

*Хоминец Владимир Васильевич* – заслуженный врач РФ, доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, начальник кафедры военной травматологии и ортопедии, главный травматолог Минобороны России, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0001-9391-3316; SPIN: 5174-4433

*Мосягин Игорь Геннадьевич* – доктор медицинских наук, профессор, начальник Военно-медицинского управления Военно-Морского Флота России; Россия, 191055, Санкт-Петербург, Адмиралтейский проезд, д. 1; ORCID: 0000-0002-9485-6584; SPIN: 2296-4321; e-mail: mosyagin-igor@mail.ru

*Сиващенко Павел Павлович* – кандидат медицинских наук, доцент, старший научный сотрудник, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0001-6286-6967; SPIN: 2596-7898; e-mail: pavel-siv@yandex.ru

*Григорьев Степан Григорьевич* – доктор медицинских наук, профессор, старший научный сотрудник, Научно-исследовательский центр, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0003-1095-1216; SPIN: 2391-4846; e-mail: GSG\_rj@mail.ru

*Локтионов Павел Владимирович* – кандидат медицинских наук, заведующий травматологическим отделением отдела травматологии и ортопедии, Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины имени А. М. Никифорова МЧС России; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 4/2; ORCID: 0009-0007-4736-7132; SPIN: 2825-1897; e-mail: vlp77@mail.ru

#### Information about the authors:

*Vladimir I. Evdokimov* – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Principal Research Associate, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 4/2; ORCID 0000-0002-0771-2102; SPIN: 1692-4593; e-mail: 9334616@mail.ru

*Vladimir V. Khominets* – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Corresponding Member Russian Academy of Medical Sciences, Head of Department, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0000-0001-9391-3316; SPIN: 5174-4433

*Igor G. Mosyagin* – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Military Medical Department of the Russian Navy; Russia, 191055, Saint Petersburg, Admiralteiskiy Proezd, 1; ORCID: 0000-0002-9485-6584; SPIN: 2296-4321; e-mail: mosyagin-igor@mail.ru

*Pavel P. Sivashchenko* – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor, Senior Researcher, Military Medical Academy; 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0000-0001-6286-6967; SPIN: 2596-7898; e-mail: pavel-siv@yandex.ru

*Stepan G. Grigoriev* – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Senior Researcher, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0000-0003-1095-1216; SPIN: 2391-4846; e-mail: GSG\_rj@mail.ru

*Pavel V. Loktionov* – Cand. of Sci. (Med.), Head of the department of orthopedics, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 4/2; ORCID: 0009-0007-4736-7132; SPIN: 2825-1897; e-mail: vlp77@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 исследования, анализ полученных данных – *В. И. Евдокимов, В. В. Хоминец, И. Г. Мосягин*; сбор первичных данных *П. П. Сивашченко, С. Г. Григорьев, П. В. Локтионов*; написание первого варианта статьи *В. И. Евдокимов*, редактирование окончательного варианта статьи – *И. Г. Мосягин, С. Г. Григорьев*.

**Authors' contributions.** 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:* VIE, VVKh, IGM aided in the research concept, analysis of data. PPS, SGG, PVL provided collection of primary data, prepaed illustrations. VIE – prepared the manuscript. IGM, SGG final approved.

**Потенциальный конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

**Соответствие принципам этики.** Информированное согласие получено от каждого пациента.

**Adherence to ethical standards.** Informed consent was obtained from each patient.

**Финансирование.** Исследование проведено без дополнительного финансирования.

**Funding.** The study was carried out without additional funding.

Поступила/Received: 13.09.2025

Принята к печати/Accepted: 15.12.2025

Опубликована/Published: 30.12.2025

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Ананьин С. А., Дмитроченков А. В., Подушкина И. В. *Травматизм у военнослужащих и пути его предупреждения*. Н. Новгород: Пламя; 2007. 124 с. [Anan'in S. A., Dmitrochenkov A. V., Podushkina I. V. *Injuries among military personnel and ways to their preven: monograph*. Nizhny Novgorod: Plamy; 2007, 124 p. (In Russ.).]
2. Евдокимов В. И., Сивашченко П. П., Хоминец В. В. и др. *Медико-статистические показатели травматизма военнослужащих Вооруженных сил Российской Федерации (2003–2019 гг.)*. СПб.: Политехника-принт; 2021. 210 с. [Evdokimov V. I., Sivashchenko P. P., Khominets V. V., et al. *Medical and statistical indicators of traumatism among military personnel of the Armed Forces of the Russian Federation (2003–2019)*. Saint Petersburg: Politechnika-Print; 2021, 210 p. (In Russ.).]
3. Евдокимов В. И., Чернов Д. А., Сивашченко П. П. и др. Анализ показателей травматизма офицеров Вооруженных сил Российской Федерации и Республики Беларусь (2003–2020 гг.) // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2021. № 3. С. 43–58 [Evdokimov V. I., Chernov D. A., Sivashchenko P. P., et al. Analysis of traumatism in officers of the Armed forces of the Russian Federation and the Republic of Belarus (2003–2020). *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*, 2021, No. 3, pp. 43–58 (In Russ.)]. doi: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-43-58.
4. Овчинников Д. В., Ивченко Е. В. Военная медицина современных гибридных войн // *Известия Российской военно-медицинской академии*. 2024. Т. 43, № 3. С. 331–340 [Ovchinnikov D. V., Ivchenko E. V. Military medicine of modern hybrid wars. *Izvestia of the Russian military medical academy*, 2024, Vol. 43, No. 3, pp. 331–340 (In Russ.)]. doi: 10.17816/rmmar633158.
5. Тришкин Д. В., Крюков Е. В., Давыдов Д. В. и др. Развитие концепции оказания медицинской помощи раненым с повреждениями опорно-двигательного аппарата в современных условиях // *Военно-медицинский журнал*. 2024.



- T. 345, № 5. С. 4–11 [Trishkin D. V., Kryukov E. V., Davydov D. V., et al. Development of the concept of providing medical care to the wounded with injuries to the musculoskeletal system in modern conditions. *Military medical journal*, 2024, Vol. 345, No. 5, pp. 4–11 (In Russ.)]. doi: 10.52424/00269050\_2024\_345\_5\_4.
6. Трухан А. П., Самохвалов И. М., Исаков В. Д. и др. Сравнительный анализ входящего потока раненых с огнестрельными ранениями мирного и военного времени // *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н. И. Пирогова*. 2020. Т. 15, № 2. С. 98–102 [Trukhan A. P., Samokhvalov I. M., Isakov V. D., et al. Comparative analysis of the incoming patients with gunshot wounds of peace and military time. *Bulletin of Pirogov national medical & surgical center*, 2020, Vol. 15, No. 2, pp. 98–102 (In Russ.)]. doi: 10.25881/BPNMSC.2020.81.42.017.
7. Евдокимов В. И., Сивашченко П. П., Куприянов С. А., Плужник М. С. Статистические показатели заболеваемости личного состава Вооруженных сил Российской Федерации (2003–2021 гг.) // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2024. № 4. С. 21–39 [Evdokimov V. I., Sivashchenko P. P., Kupriyanov S. A., Pluzhnik M. S. Morbidity statistics among the military of the Armed Forces of the Russian Federation (2003–2021). *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*, 2024, No. 4, pp. 21–39 (In Russ.)]. doi: 10.25016/2541-7487-2024-0-4-21-39.
8. Показатели состояния здоровья военнослужащих Вооруженных Сил Российской Федерации, а также деятельности военно-медицинских подразделений, частей и организаций в 2012–2020 гг. М.: Главное военно-медицинское управление Минобороны России; 2013–2021 [Health indicators of military men in the Russian Federation Armed Forces, as well as the activities of military medical units, units and institutions in the 2012–2020. Moscow: Main military medical directorate of the Russian Ministry of Defense, 2013–2021 (In Russ.)].
9. Холматова К. К., Гржибовский А. М. Панельные исследования и исследования тренда в медицине и общественном здравоохранении // *Экология человека*. 2016. № 10. С. 57–63 [Kholmatova K. K., Grzhibovskii A. M. Panel- and Trend Studies in Medicine and Public Health. *Human Ecology*, 2016, No. 10, pp. 57–63 (In Russ.)]. doi: 10.33396/1728-0869-2016-9-57-64.
10. Евдокимов В. И., Бобринев Е. В., Кондашов А. А. Анализ производственного травматизма и гибели личного состава Федеральной противопожарной службы МЧС России (2006–2020 гг.). СПб.: Измайловский. 2022. 138 с. [Evdokimov V. I., Bobrinev E. V., Kondashov A. A. Analysis of occupational injury and mortality of personnel of the Federal Fire Service of the EMERCOM of Russia (2006–2020). Saint Petersburg: Izmaylovskiy; 2022, 138 p. (In Russ.)].
11. Кондашов А. А., Удавцова Е. Ю., Маштаков В. А. и др. Оценка допустимого риска травмирования личного состава Федеральной противопожарной службы МЧС России // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2021. № 1. С. 40–49 [Kondashov A. A., Udavtsova E. Yu., Mashtakov V. A., et al. Assessment of the acceptable risk of injury in employees of the Federal Fire Service of EMERCOM of Russia. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*, 2021, No. 1, pp. 40–49 (In Russ.)]. doi: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-40-49.

## ПРИЗЕМНЫЙ ОЗОН КАК ВОЗМОЖНЫЙ ФАКТОР РИСКА НЕОТЛОЖНЫХ СОСТОЯНИЙ СИСТЕМЫ ГЕМОДИНАМИКИ | У ЖИТЕЛЕЙ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА

<sup>1,2</sup>Е. В. Евстафьева\*, <sup>2</sup>Н. А. Прокопенко, <sup>3</sup>В. А. Лапченко

<sup>1</sup>Институт фундаментальной медицины и здоровьесбережения, Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Россия

<sup>2</sup>Академический научно-исследовательский институт физических методов лечения, медицинской климатологии и реабилитации имени И. М. Сеченова, г. Ялта, Россия

<sup>3</sup>Карадагская научная станция имени Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН, филиал ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», пгт Курортное, Россия

**ВВЕДЕНИЕ.** Среди атмосферных поллютантов второе место по степени опасности для здоровья человека Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) отводит приземному озону, концентрацию которого необходимо контролировать при определении качества воздуха. Особенно важно это на южных территориях, где имеются условия для его образования в повышенных концентрациях. При этом если связь между воздействием озона и респираторными заболеваниями хорошо установлена, то в отношении сердечно-сосудистых заболеваний сведения носят спорный характер.

**ЦЕЛЬ.** Определить роль приземного озона как возможного фактора риска в возникновении неотложных состояний системы гемодинамики жителей на территории Южного берега Крыма.

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ.** Выполнено исследование суточной регистрации вызовов скорой медицинской помощи (СМП) по причине неотложных состояний сердечно-сосудистой системы (ССС), по данным Единого Крымского республиканского территориального центра экстренной помощи Министерства здравоохранения Республики Крым за период 2018–2022 гг., и концентрации приземного озона (КПО) на основании данных Карадагской станции фоновое экологического мониторинга (СФЭМ). Измерения КПО проводили оптическим методом с помощью автоматического газоанализатора АРОА 370 (HORIBA); связь сопоставляемых данных анализировали посредством непараметрического корреляционного анализа по Спирмену.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** Уровень КПО на Черноморском побережье Крыма в исследуемый период претерпевал типичные суточные и сезонные колебания, достигая максимальных значений в летние месяцы и дневные часы. Однако наблюдалось и нетипичное увеличение КПО в холодное или прохладное время года: например, в январе 2019 г. или декабре 2022 г. Среднегодовые концентрации озона, как правило, превышали нормативные значения. Между КПО и частотой неотложных состояний СССР положительные значимые корреляции отмечены в феврале 2019, 2020 и 2022 гг., марте 2022 г., апреле 2020 г.; отрицательные корреляции были установлены в сентябре 2018 г. и 2022 г., мае 2019 г. и январе 2022 г. При этом, если минимальные концентрации озона были не менее 40 мкг/м<sup>3</sup> и поднимались в течение месяца до 100 мкг/м<sup>3</sup>, их увеличение приводило к росту числа вызовов СМП. Если же минимальные значения КПО были в пределах 15–20 мкг/м<sup>3</sup> и в течение месяца не превышали 50–60 мкг/м<sup>3</sup>, наблюдали негативную зависимость количества вызовов от КПО.

**ОБСУЖДЕНИЕ.** Полученные данные по установлению факта значимости КПО для функционирования СССР на прибрежной территории Крыма согласуются с рядом научных публикаций, в том числе о разнонаправленном характере выявленной зависимости, который может свидетельствовать как о задержке реакции организма на повышение КПО, так и о ее нелинейном характере. Важную роль в конечном эффекте влияния озона может играть опосредованное влияние других метеопогодных и техногенных факторов, чем, по всей вероятности, и объясняется зачастую спорный характер получаемых в разных регионах мира эпидемиологических сведений.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Анализ данных СМП о зависимости частоты возникновения неотложных состояний СССР от КПО дает основание рассматривать приземный озон как фактор риска для кардиологических больных, однако ее неоднозначный характер требует дальнейших исследований для определения его опасных/безопасных уровней в таком регионе как черноморское побережье России.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** морская медицина, приземный озон, сердечно-сосудистая система, неотложные состояния

\*Для корреспонденции: Евстафьева Елена Владимировна, e-mail: e.evstafeva@mail.ru

\*For correspondence: Elena V. Evstafeva, e-mail: e.evstafeva@mail.ru

Для цитирования: Евстафьева Е. В., Прокопенко Н. А., Лапченко В. А. Приземный озон как возможный фактор риска неотложных состояний системы гемодинамики у жителей южного берега Крыма // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 4. С. 81–89, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-81-89>; EDN: <https://elibrary.ru/LFBKRN>

For citation: Evstafeva E. V., Prokopenko N. A., Lapchenko V. A. Ground-level ozone as a potential risk factor for emergency hemodynamic conditions in residents of the southern coast of Crimea // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, No. 4. P. 81–89, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-81-89>; EDN: <https://elibrary.ru/LFBKRN>

## GROUND-LEVEL OZONE AS A POTENTIAL RISK FACTOR FOR EMERGENCY HEMODYNAMIC CONDITIONS IN RESIDENTS OF THE SOUTHERN COAST OF CRIMEA

<sup>1,2</sup> Elena V. Evstafeva\*, <sup>2</sup>Natalia A. Prokopenko, <sup>3</sup>Vladimir A. Lapchenko

<sup>1</sup>Institute of Fundamental Medicine and Health Preservation, Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

<sup>2</sup>Academic Research Institute of Physical Methods of Treatment, Medical Climatology and Rehabilitation named after I. M. Sechenov, Yalta, Russia

<sup>3</sup> T. I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of RAS – Branch of A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Kurortnoe, Russia

**INTRODUCTION.** The World Health Organization (WHO) ranks ground-level ozone as the second most dangerous atmospheric pollutant to human health. Its concentration must be monitored when determining air quality. This is especially important in southern regions, where conditions favour its formation in elevated concentrations. While the link between ozone exposure and respiratory diseases is well established, the evidence regarding cardiovascular diseases is controversial. **OBJECTIVE.** To determine the role of ground-level ozone as a possible risk factor in the occurrence of emergency conditions of the hemodynamic system of residents in the territory of the Southern Coast of Crimea.

**MATERIALS AND METHODS.** A study was conducted on the daily registration of emergency medical services (EMS) calls due to cardiovascular emergencies, based on data from the Unified Crimean Republican Territorial Center for Emergency Care of the Ministry of Health of the Republic of Crimea for the period 2018–2022, and ground-level ozone concentrations (GLO) based on data from the Karadag station of background environmental monitoring (SBEM). GLO measurements were performed optically using an APOA 370 automatic gas analyzer (HORIBA); the dependence of the compared data was analyzed using nonparametric Spearman correlation analysis.

**RESULTS.** During the study period, the ozone depletion level on the Black Sea coast of Crimea exhibited typical daily and seasonal fluctuations, reaching maximum values in the summer months and daytime hours. However, atypical increases in ozone depletion were also observed during cold or cool seasons: for example, in January 2019 and December 2022. Average annual ozone concentrations generally exceeded the standard values. Positive significant correlations were observed between ozone depletion and the incidence of cardiovascular emergencies in February 2019, 2020, and 2022, March 2022, and April 2020. Negative correlations were found in September 2018 and 2022, May 2019, and January 2022. Moreover, if minimum ozone concentrations were at least 40 µg/m<sup>3</sup> and rose to 100 µg/m<sup>3</sup> during the month, their increase led to an increase in the number of emergency calls. If minimum ozone concentrations were within 15–20 µg/m<sup>3</sup> and did not exceed 50–60 mg/m<sup>3</sup> during the month, a negative relationship between the number of calls and ozone concentrations was observed, indicating a nonlinear nature.

**DISCUSSION.** The data obtained establishing the significance of ozone for the functioning of the cardiovascular system in the coastal area of Crimea are consistent with a number of scientific publications, including those on the multidirectional nature of the identified relationship, which may indicate either a delayed response to increased ozone or its nonlinear nature. The indirect influence of other meteorological and anthropogenic factors may play a significant role in the final effect of ozone, which likely explains often the controversial nature of epidemiological data obtained in different regions of the world.

**CONCLUSION.** Analysis of emergency medical service data on the dependence of the incidence of cardiovascular emergencies on the ozone level provides grounds for considering ground-level ozone as a risk factor for cardiac patients, but its ambiguous nature requires further research to determine its dangerous/safe levels in a region such as the Black Sea coast of Russia.

**KEYWORDS:** marine medicine, maritime medicine, ground-level ozone, cardiovascular system, emergency conditions

**Введение.** Прогрессивное изменение экологической ситуации, глобальная и локальные трансформации среды обитания приводят к росту факторов риска и их роли во влиянии на здоровье населения. Так, в последние десятилетия высокую заболеваемость сердечно-сосудистой системы (ССС) связывают с атмосферным загрязнением. Среди атмосферных поллютантов второе место по степени опасности для здоровья человека Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) отводит приземному озону, концентрацию которого необходимо контролировать при определении качества воздуха [1]. По этой причине во многих странах в настоящее время уделяется значительное внимание проблеме влияния приземного озона на здоровье человека, а многочисленные исследования свидетельствуют о его разнообразном негативном воздействии на системы организма [2]. Основной вклад в разработку этой проблемы вносят США, Китай и Великобритания [3], при этом «горячие точки» исследований сосредоточены на широком спектре задач – от токсикологических до популяционных эпидемиологических исследований, от респираторной системы до нервной [4].

Но если связь между воздействием озона и респираторными заболеваниями установлена, то сведения о его влиянии на сердечно-сосудистые заболевания носят спорный характер [5, 6], который можно объяснить рядом причин, включая длительность экспозиции, различие природно-климатических условий и техногенную нагрузку в регионе [7–9]. Тем не менее в научной литературе имеется достаточно заслуживающих доверия данных [10], которые говорят, что такая связь существует и даже дается количественная оценка прироста заболеваемости наиболее распространенными видами сердечно-сосудистых нозологий, за исключением аритмий при каждом увеличении концентрации приземного озона (КПО) на 10 мкг/м<sup>3</sup> [11, 12].

Более вероятно негативное влияние приземного озона на южных территориях, где он образуется в более высоких концентрациях, и чему способствуют высокий уровень ультрафиолетового излучения и температуры атмосферного воздуха. С другой стороны, южные регионы России, в частности, Крым, и особенно его южный берег, являются рекреационными зонами, где сосредоточено большое количество сана-

торно-курортных учреждений. Однако известно, что на приморских территориях в зонах массового отдыха КПО имеет тенденцию к возникновению опасных для здоровья озоновых эпизодов [13]. В связи с этим особенно важно располагать информацией об изменениях этого фактора, о чем свидетельствует положительная мировая практика успешного управления риском путем создания превентивной системы реагирования на увеличение КПО, что позволяет эффективно снизить возникновение неотложных состояний пульмонологических и особенно кардиологических больных [14].

В отечественных исследованиях представлены единичные работы об изменчивости КПО и его влиянии на здоровье населения, что обусловлено в том числе ограниченным количеством мониторинговых станций. Одна из таких немногочисленных в Российской Федерации фоновых станций находится в Республике Крым.

**Цель.** Определить роль приземного озона как возможного фактора риска в возникновении неотложных состояний системы гемодинамики жителей на территории Южного берега Крыма, учитывая признанную в мире актуальность проблемы и низкую степень ее изученности на территории Российской Федерации.

**Материал и методы.** По данным Единого Крымского республиканского территориального центра экстренной помощи Министерства здравоохранения Республики Крым, проанализирована ежесуточная регистрация вызовов скорой медицинской помощи (СМП) по причине неотложных состояний ССС населения Ялты за период 2018–2022 гг. Из всей совокупности вызовов СМП в течение суток отбирались вызовы, причиной которых являлись неотложные состояния ССС. Они включали: МКБ10 I10–I15 Болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением; МКБ10 I20–I25 Ишемическая болезнь сердца; МКБ10 I21 Острый инфаркт миокарда; МКБ10 I60–I69 Цереброваскулярные болезни; МКБ10 I64 Инсульт неуточненный как кровоизлияние или инфаркт; МКБ10 I44–I49 Другие болезни сердца – и были объединены в таблице Excel со сведениями о дате и времени вызова, места жительства, возраста и пола пациента.

Базы данных КПО формировались в результате регистрации в Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского — природном за-

поведнике РАН на станции фонового экологического мониторинга (СФЭМ) (44° 9400' с. ш., 35°2368' в. д., 180 м над у. м.). Измерения КПО проводили оптическим методом с помощью автоматического газоанализатора АРОА 370 (HORIBA, Япония). Среднечасовые значения КПО использовали для расчетов средних КПО за месяц (ср.сут.). Кроме этого, отмечали озоновые эпизоды: максимальные (*max.*) и минимальные (*min.*) за сутки величины КПО. Учитывая особенности реагирования организма на быстрое изменение внешнего фактора, анализировали наличие корреляций с амплитудой КПО, которую определяли как разность между максимальным и минимальным за сутки значением КПО (амплитуда). Уровни КПО оценивали, сравнивая с нормативами, принятыми в России: для среднегодовых значений – 30 мкг/м<sup>3</sup>; для максимальной разовой концентрации за час – 160 мкг/м<sup>3</sup>, для суточной в течение 8 ч – 100 мкг/м<sup>3</sup> [15].

Анализ зависимости сопоставляемых данных, а именно: частоты неотложных состояний ССС от КПО на территории Южного берега Крыма (Большая и Малая Ялта), выполнен с помощью непараметрического корреляционного анализа по Спирмену в программном пакете Statistica 12, поскольку исследуемые ряды данных не всегда подчинялись закону нормального распределения. Помимо этого, данный вид анализа используется на начальных этапах исследований и достаточно уверенно позволяет установить влияние приземного озона на здоровье населения [16], имея в виду коэффициенты корреляции, уровень значимости которых был  $\leq 0,05$ . Однако, учитывая эпидемиологический характер исследования, в котором осуществлялся анализ генеральной, а не выборочной совокупности данных (абсолютное количество всех без исключения вызовов по причине отмеченных выше нозологий за указанные периоды), принимали во внимание также корреляционные зависимости при  $p < 0,1$ .

Таким образом, гипотеза настоящего исследования заключалась в выяснении возможной роли приземного озона в возникновении неотложных состояний ССС у жителей Южного берега Крыма.

**Результаты.** Уровень КПО на Черноморском побережье Крыма за исследуемый период претерпевал типичные суточные и сезонные колебания, достигая максимальных значений

в летние месяцы и дневные часы (рис. 1). Однако иногда имело место нетипичное увеличение КПО в холодное или прохладное время года, например, в январе 2019 г. или декабре 2022 г. В целом эти колебания были почти вдвое выше нормативных среднегодовых значений на протяжении всего периода наблюдения.

Выявлены статистически значимые прямые и обратные корреляционные связи между КПО ( $0,34 < r_s < 0,53$ ;  $0,002 < p < 0,05$ ) и тенденцией к зависимости ( $0,32 < r_s < 0,34$ ;  $0,09 < p < 0,07$ ) количества вызовов СМП от КПО как в теплый, так и в холодный сезон года (табл. 1).

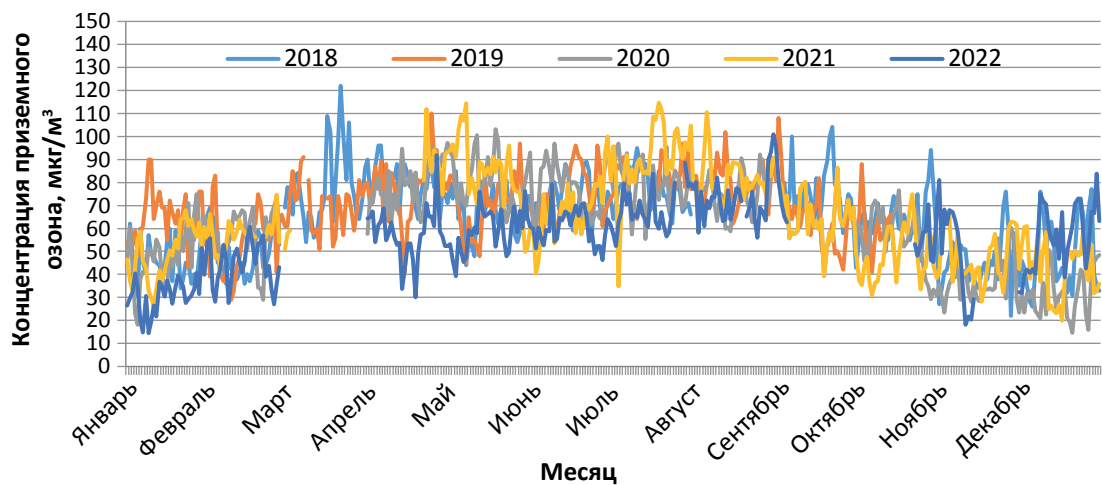
Так, положительные значимые корреляции отмечены в феврале 2019, 2020 и 2022 гг., марте 2022 г., апреле 2020 г.; негативный же характер корреляций установлен в сентябре 2018 г. и 2022 г., мае 2019 г. и январе 2022 г.

Поскольку последнее может указывать на более сложный, чем линейный, характер дозовой зависимости, было рассмотрено графическое представление становленных связей, которое позволило обнаружить некоторую закономерность. В частности, если минимальные концентрации озона были не менее 40 мкг/м<sup>3</sup> и колебались в течение месяца до 100 мкг/м<sup>3</sup>, то их увеличение приводило к росту количества вызовов СМП (рис. 2).

Если же минимальные значения КПО были в пределах 15–20 мкг/м<sup>3</sup> и в течение месяца не поднимались выше 50–60 мкг/м<sup>3</sup>, в этом случае наблюдали негативную зависимость количества вызовов от КПО (см. рис. 2).

На основании полученных данных можно констатировать факт значимого влияния приземного озона на состояние ССС жителей Южного берега Крыма, однако характер этого влияния может быть различным.

**Обсуждение.** Полученные данные по установлению факта значимости КПО для функционирования ССС на прибрежной территории Крыма согласуются с рядом научных публикаций. Так, результаты наблюдения за 12 028 жителями среднего и пожилого возраста из 126 городов Китая показали, что длительное воздействие озона может увеличить распространенность гипертонии и способствовать повышению уровня артериального давления [5]. Аналогичным образом разная направленность реакции на изменение КПО в зависимости от его уровня совпадает с выявленным другими авторами U-образным, наряду с линейным и J-образным, характером



**Рис.1.** Изменения концентрации приземного озона в разные периоды наблюдения  
**Fig. 1.** Changes in the concentration of ground-level ozone during different observation periods

Таблица 1

**Результаты корреляционного анализа количества вызовов скорой медицинской помощи и характеристик приземного озона в разные месяцы и годы**

Table 1

**Results of correlation analysis of the number of emergency medical services calls and ground-level ozone characteristics in different months and years**

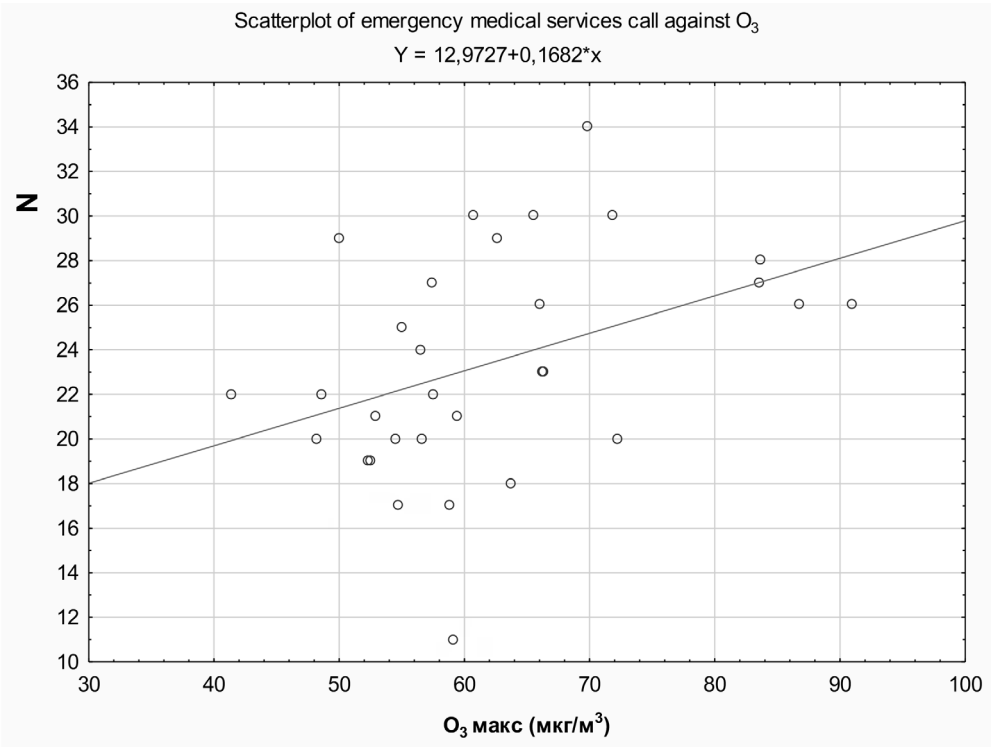
Месяц	Год				
	2018	2019	2020	2021	2022
Январь	-	-	-	-	ср.сут. -0,48; 0,006 max. -0,53; 0,002 min. -0,53; 0,002
Февраль	-	ср.сут. 0,34;0,08	ср.сут. 0,43; 0,02 max. 0,5; 0,004	-	max. 0,34 ; 0,08 min. 0,32 ; 0,09
Март	-	-	-	-	ср.сут. 0,4; 0,02 max. 0,44; 0,01
Апрель	-	-	max. 0,45; 0,01	-	-
Май		min -0,36; 0,05 амплитуда 0,32; 0,08			
Июнь	-	-	min. 0,33; 0,08	-	-
Август	-	-	-	-	амплитуда 0,34; 0,07
Сентябрь	ср.сут. 0,44; 0,01 max. -0,40;0,03 min. -0,38;0,04	-	-	-	max. -0,46; 0,009 min. -0,45; 0,01 амплитуда -0,48; 0,007

*Примечание:* приведены статистически значимые ( $p < 0,05$ ) или приближающиеся к ним ( $p < 0,1$ ) коэффициенты корреляции с соответствующими уровнями значимости; ср.сут. – среднесуточный

*Note:* The table shows statistically significant ( $p < 0.05$ ) or nearly so ( $p < 0.1$ ) correlation coefficients with the corresponding significance levels

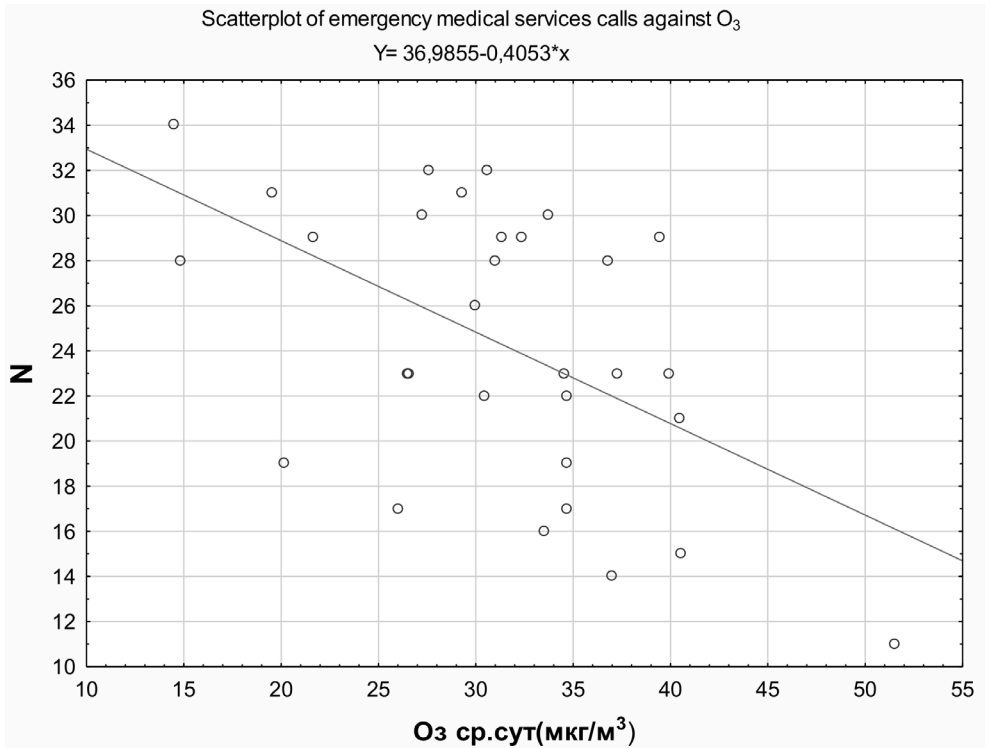
зависимости реакции от КПО [17]. Установленные в последней работе в ходе ретроспективных исследований за пятилетний период 43 400 случаев сердечной одышки в Южном регионе Франции по сути означают, что потенциальный рост рисков для здоровья может увеличиваться не только при росте КПО, но и при снижении его концентрации, что является не таким уж

парадоксальным, а даже, наоборот, известным фактом в физиологии человека, когда и чрезмерные, и недостаточные дозы могут вызывать негативные эффекты. Влиять на характер зависимости может и сочетание озона с действием других факторов. На это указывают 2 588 930 ежедневных посещений в течение трех лет для кардиореспираторных осмотров в Японском



**Рис. 2.** Корреляция ( $r = 0,44$ ;  $p < 0,01$ ) между общим количеством вызовов скорой медицинской помощи по причине сердечно-сосудистых заболеваний и максимальной за сутки концентрацией приземного озона в марте 2022 г.

**Fig. 2.** Correlation ( $r = 0.44$ ;  $p < 0.01$ ) between the total number of ambulance calls due to cardiovascular diseases and the maximum daily ground-level ozone value in March 2022



**Рис. 3.** Корреляция ( $r = -0,48$ ;  $p = 0,006$ ) между общим количеством вызовов по причине сердечно-сосудистых заболеваний и среднесуточной (ср.сут.) величиной концентрации приземного озона (O<sub>3</sub>) в январе 2022 г.

**Fig. 3.** Correlation ( $r = -0.48$ ;  $p = 0.006$ ) between the total number of emergency calls due to cardiovascular diseases and the average daily ground-level ozone value in January 2022



медицинском центре. Они также подтвердили U-образную зависимость, однако корректировка содержания оксидов азота, в частности монооксида азота (NO), ослабила нижнюю кривую риска и впоследствии изменила форму функции «концентрация – реакция», причем значительное снижение наблюдалось в зимний период [18].

Кроме этого, обратный в большинстве случаев характер корреляций может свидетельствовать и о задержке реакции организма на повышение КПО, что также согласуется с литературными данными [16, 19]. Все это свидетельствует о том, что конечный эффект влияния озона может быть модифицирован другими метеопогодными и техногенными факторами и, следовательно, иметь выраженные региональные особенности. Этим, по всей вероятности, и объясняется зачастую спорный характер получаемых в разных регионах мира эпидемиологических сведений.

В пользу того, что эти сведения заслуживают внимания, свидетельствует патофизиология, которая подтверждает эпидемиологическую связь между смертностью, заболеваемостью, с одной стороны, и озоном – с другой, основываясь на химическом и токсическом свойстве озона как сильного окислителя, способного не только разрушать резину, каучук, но даже окислять металлы платиновой группы [20]. Известно, что острое воздействие озона на человека приводит к нарушению обмена веществ и энергии, накоплению активных форм кислорода, инициирующих повреждение клеток и ведущих к развитию оксидативного стресса, особенно у лиц с сердечно-легочными заболеваниями. Окислительные повреждения клеток приводят к нарушению проводимости клеточных мембран кардиомиоцитов и дисфункции

миокарда, вазоконстрикции артериол, повышению общего периферического сопротивления и прогрессированию артериальной гипертензии, внезапному сужению коронарных артерий, приводящему к ишемии миокарда. Вдыхание воздуха, загрязненного озоном, вызывает изменение вариабельности сердечного ритма [21]. В нашем исследовании наличие прямой или обратной зависимости в один и тот же сезон года может свидетельствовать, что, помимо такого важного фактора, как температура атмосферного воздуха, индуцированные озоном эффекты могут существенно зависеть от ряда других факторов, на фоне которых осуществляется его действие на организм.

**Заключение.** Между характеристиками КПО и вызовами СМП по причине неотложных состояний ССС в ряде случаев выявлены средние, иногда сильные корреляционные зависимости. Они носили разнонаправленный характер, что могло быть обусловлено как запаздыванием (лаг-фазой) реакции организма на изменение концентрации озона, не обнаруживаемой при использовании простого корреляционного анализа, так и уровнем КПО в течение месяца, и нелинейным характером зависимости «доза-эффект». Наличие корреляций между КПО и вызовами СМП как в теплое, так и в холодное время года свидетельствует о том, что важную роль в эффектах, индуцированных озоном, могут играть другие метеопогодные и техногенные факторы, на фоне которых осуществляется его действие.

В совокупности с установленным фактом значимого влияния озона это требует дальнейших исследований, направленных на определение его опасных/безопасных уровней в таком регионе, как Южный берег Крыма.

#### Сведения об авторах:

*Евстафьева Елена Владимировна* – доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник ГБУЗ РК «Академический научно-исследовательский институт физических методов лечения, медицинской климатологии и реабилитации имени И. М. Сеченова»; Россия, 298603, г. Ялта, ул. Мухина, д. 10/3; заведующая кафедрой «Физиология, экологическая и морская медицина» Института фундаментальной медицины и здоровьесбережения, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»; Россия, 299053, г. Севастополь, ул. Университетская, д. 33; ORCID: 0000-0002-8331-4149; SPIN: 2768-1760; e-mail: e.evstafeva@mail.ru

*Прокопенко Наталья Александровна* – заместитель директора по лечебной работе, врач-кардиолог, ГБУЗ РК «Академический научно-исследовательский институт физических методов лечения, медицинской климатологии и реабилитации имени И. М. Сеченова»; Россия, 298603, г. Ялта, ул. Мухина, д. 10/3; e-mail: natalia.prokopenko79@mail.ru

*Лапченко Владимир Александрович* – научный сотрудник отдела изучения биоразнообразия и экологического мониторинга, Карадагская научная станция им. Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН, филиал ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»; Россия, 298188, пгт. Курортное, ул. Науки, д. 24; SPIN: 7551-1174; ORCID: 0000-0002-6441-710X; e-mail: ozon.karadag@gmail.com

**Author information:**

*Elena V. Evstafeva* – Dr of Sci. (Biol.), Professor, major scientific collaborator at Academic Research scientific collaborator at Institute of Physical Methods of Treatment, Medical Climatology and Rehabilitation named after I. M. Sechenov; Russia, 298603, Yalta, Mukhin Str., 10/3; Head of Department “Physiology, Ecological and Marine Medicine”, of the Institute of Fundamental Medicine and Health Preservation, Sevastopol State University; Russia, 299053, Sevastopol, Universitetskaya, 33; SPIN: 2768-1760 ORCID: 0000-0002-8331-4149; e-mail: e.evstafeva@mail.ru

*Natalia Alexandrovna Prokopenko* – Deputy Director for Medical Work, Cardiologist, Academic Research Institute of Physical Methods of Treatment, Medical Climatology and Rehabilitation named after I. M. Sechenov; Russia, 298603, Yalta, Mukhin Str., 10/3; e-mail: natalia.prokopenko79@mail.ru

*Vladimir A. Lapchenko* – Researcher at the Department of Biodiversity and Environmental Monitoring, T. I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of RAS – Branch of A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS; Russian, 298188, Kurortnoye, Nauka Str., 24; SPIN: 7551-1174; ORCID: 0000-0002-6441-710X; e-mail: ozon.karadag@gmail.com

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно 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 – Е. В. Евстафьева; статистическая обработка материала – Е. В. Евстафьева, Н. А. Прокопенко, В. А. Лапченко; подготовка рукописи – Е. В. Евстафьева, Н. А. Прокопенко, В. А. Лапченко.

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

*Special contribution.* EVE concept and design. EVE, NAP, VAL statistical processing of the material. EVE, NAP, VAL preparation of the manuscript.

**Потенциальный конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

**Финансирование:** Работа выполнена в рамках Государственного задания код 11.040.1 № 720000.P.91.1.01020001001. Лапченко В.А. принял участие в работе в рамках темы Гос. задания № 124030100098 – 0.).

**Funding:** The work was carried out within the framework of the State Assignment code 11.040.1 No. 720000.R.91.1.01020001001. Lapchenko V.A. took participation in the frames of the State Assignment No. 124030100098 – 0.).

Поступила/Received: 12.07.2025

Принята к печати/Accepted: 15.12.2025

Опубликована/Published: 30.12.2025

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Amann M., et al. Health risks of ozone from long-range transboundary air pollution. WHO Regional Office for Europe DK02100. Copenhagen, Denmark, 2008, 94 p.
2. Gu J., Shi Y., Zhu Y., Chen N. Ambient air pollution and cause-specific risk of hospital admission in China: A nationwide time-series study. *PLoS Med*, 2020, 17(8), e1003188. doi: 10.1371/journal.pmed.1003188.
3. Jian Z., Cai J., Chen R., Niu Y., Kan H. A bibliometric analysis of research on the health impacts of ozone air pollution. *Environ Sci Pollut Res Int*, 2024, 31(11), 16177–16187. doi: 10.1007/s11356-024-32233-0. Epub 2024 Feb 7.
4. Zhang X., Wang S. J., Wan S. C., Li X., Chen G. Ozone: complicated effects in central nervous system diseases. *Med Gas Res*, 2025, 15(1), 44–57. doi: 10.4103/mgr.MEDGASRES-D-24-00005.
5. Niu Zh., Duan Zh., Wei J., et al. Associations of long-term exposure to ambient ozone with hypertension, blood pressure, and the mediation effects of body mass index: A national cross-sectional study of middle-aged and older adults in China. *Ecotoxicol Environ Saf*, 2022, 242, 113901. doi: 10.1016/j.ecoenv.2022.113901.
6. Rich D. Q., Frampton M. W., Balmes J. R., Bromberg P. A., et al. Multicenter Ozone Study in older Subjects (MOSES): Part 2. Effects of Personal and Ambient Concentrations of Ozone and Other Pollutants on Cardiovascular and Pulmonary Function. *Res Rep Health Eff Inst*, 2020, (192, Pt 2), 1–90. PMID: 32239870.
7. Gui Z. H., Guo Z. Y., Zhou Y., Dharmage S., et al. Long-term ambient ozone exposure and childhood asthma, rhinitis, eczema, and conjunctivitis: A multi-city study in China. *J Hazard Mater*, 2024, 478, 135577. doi: 10.1016/j.jhazmat.2024.135577.
8. Evstafeva E. V., Lapchenko V. A., Gubin Y. L., Dudchenko L. Sh., et al. Long-term exposure to ambient ozone and respiratory health: ozone-induced incidences of respiratory diseases. *Environment and Public Health Research*, 2025, Vol. 3, No. 1, doi: <https://doi.org/10.59400/ephr3158>.
9. Swanson T. J., Jamal Z., Chapman J. Ozone Toxicity. 2022 Nov 15. In: *Stat Pearls [Internet]. Treasure Island (FL): Stat Pearls Publishing. 2025, 2022, PMID: 28613502 Bookshelf ID: NBK430751* <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28613502>.
10. Cao X., You X., Wang D., Qiu W., et al. Short-term effects of ambient ozone exposure on daily hospitalizations for circulatory diseases in Ganzhou, China: A time-series study. *Chemosphere*, 2023, 327, 138513. doi: 10.1016/j.chemosphere.2023.138513. Epub 2023 Mar 27.
11. Cheng J., Zheng H., Wei J., Huang C., et al. Short-term residential exposure to air pollution and risk of acute myocardial infarction deaths at home in China. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2023, 30(31), 76881–76890. doi: 10.1007/s11356-023-27813-5. Epub 2023 May 29.

12. Zhang X., Maji K.J., Wang Zh., Yang F. F., et al. Associations between Different Ozone Indicators and Cardiovascular Hospital Admission: A Time-Stratified Case-Crossover Analysis in Guangzhou, China. *Int J Environ Res Public Health*, 2023, 20(3), 2056.
13. Звягинцев А. М., Кузнецова И. Н., Шалыгина И. Ю., Лезина Е. А. и др. Исследования и мониторинг приземного озона в России. *Труды Гидрометцентра России*. 2017. вып. 265. С. 506–570 [Zvyagintsev A. M., Kuznetsova I. N., Shalygina I. Yu., Lezina E. A., et al. Research and monitoring of ground-level ozone in Russia. *Proceedings of the Hydrometeorological Center of Russia*, 2017, Issue 265, pp. 506–570 (In Russ.)].
14. Park Y. H., Koo J. H., Jeong H., et al. Evaluation of an air quality warning system for vulnerable and susceptible individuals in Korea: An interrupted time series analysis. *Epidemiology and Health*, 2023, 45, e2023020. doi: 10.4178/epih.e2023020. Epub 2023 Feb 14.
15. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 N2 “Об утверждении санитарных правил норм СанПиН 01.2.3685-21 “Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания” [Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation dated January 28, 2021 No. 2 of Sanitary Rules and Norms SanPiN 1.2.3685-21 “Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans” (In Russ.)].
16. Liang S., Sun C., Liu C., et al. The Influence of Air Pollutants and Meteorological Conditions on the Hospitalization for Respiratory Diseases in Shenzhen City, China. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18(10), 5120. doi: 10.3390/ijerph18105120.
17. Simões F., Bouveyron Ch., Piga D., et al. Cardiac dyspnea risk zones in the South of France identified by geo-pollution trends study. *Sci Rep*, 2022, 12, 1900. doi: 10.1038/s41598-022-05827-2.
18. Seposo X., Ueda K., Fook Sh. Ng., et al. Role of oxides of nitrogen in the ozone-cardiorespiratory visit association. *Environ Pollut*, 2023, 317, 120802. doi: 10.1016/j.envpol.2022.120802.
19. Fuller Ch. H., Jones J. W., Roblin D. Evaluating changes in ambient ozone and respiratory-related healthcare utilization in the Washington, DC metropolitan area. *Environ Res*, 2020, No. 186, pp.109603. doi: 10.1016/j.envres.2020.109603.
20. Разумовский С. В., Зайков Г. Е. *Озон и его реакции с органическими соединениями (кинетика и механика)*. М.: Наука; 1974. 322 с. [Razumovsky S. V., Zaykov G. E. *Ozone and its reactions with organic compounds (kinetics and mechanics)*. Moscow: Nauka; 1974, 322 p. (In Russ.)].
21. Srebot V., Al Gianicolo E., Rainaldi G., Trivella M. G., Sicari R. Ozone and cardiovascular injury. *Cardiovasc Ultrasound*, 2009, 7, 30. doi:10.1186/1476-7120-7-30.

## ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕДИЦИНСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ СОТРУДНИКОВ ОРГАНОВ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ УСЛОВИЯХ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ: ОПИСАТЕЛЬНОЕ ПОПЕРЕЧНОЕ ЭМПИРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

<sup>1</sup>Н. М. Иванов, <sup>1</sup>Е. Г. Ичитовкина\*, <sup>2</sup>А. Г. Соловьев

<sup>1</sup>Управление медицинского обеспечения Департамента по материально-техническому и медицинскому обеспечению Министерства внутренних дел Российской Федерации, Москва, Россия

<sup>2</sup>Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск, Россия

**ВВЕДЕНИЕ.** В условиях роста интенсивности и разнообразия чрезвычайных ситуаций, с которыми сталкиваются сотрудники органов внутренних дел, обеспечение эффективного и непрерывного медицинского сопровождения становится приоритетной задачей ведомственного здравоохранения. Действующие механизмы медицинской помощи нередко не соответствуют требованиям оперативности, мобильности и межведомственной координации. Отсутствие цифровых решений, недостаточное оснащение и дефицит кадров усугубляют уязвимость системы в условиях нестабильной оперативной обстановки. Возникает необходимость стратегического переосмысления организационных, кадровых и технологических основ оказания медицинской помощи в системе Министерства внутренних дел России.

**ЦЕЛЬ.** Выявление приоритетных направлений совершенствования системы медицинского сопровождения сотрудников органов внутренних дел Российской Федерации в условиях чрезвычайных ситуаций профессиональной деятельности на основе анализа мнений руководителей ведомственных медицинских организаций с применением методов кластеризации текстовых данных.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Эмпирическую базу исследования составили результаты анкетного опроса 408 руководителей учреждений ведомственной медицины МВД России. География охвата включала все федеральные округа, обеспечивая репрезентативность выборки. Опрос включал 13 вопросов, в том числе открытых, подлежащих семантическому анализу. Были использованы методы интеллектуальной обработки текстов: TF-IDF-векторизация, кластеризация K-Means, лемматизация, удаление стоп-слов, PCA-визуализация и расчет косинусного сходства. Количественные данные анализировали методами описательной статистики. Объем проанализированных текстов — 408 открытых ответов; период сбора данных — октябрь–ноябрь 2024 г. Ключевые слова при семантической обработке включали: цифровизация, экстренная помощь, подготовка, логистика, тактическая медицина и др.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** Анализ анкет позволил выделить три ключевых смысловых кластера: 1) цифровизация и телемедицина; 2) организационно-ресурсное обеспечение; 3) подготовка медицинского персонала, включая тактическую медицину. Среди основных проблем респонденты выделили отсутствие системного подхода (32,8 %), дефицит подготовки кадров (29,9 %) и слабое медикаментозное обеспечение (27,2 %). Модернизацию оборудования поддержали 87,9 % опрошенных, необходимость создания единой информационной системы — 67,7 %, реформу экстренной помощи — 65 %. Обнаружено устойчивое стремление к системным преобразованиям в цифровом, организационном и образовательном направлениях.

**ОБСУЖДЕНИЕ.** Полученные результаты подтверждают наличие устойчивых проблем, ранее отмеченных в исследованиях А. П. Овчаренко и др. (2023), Е. Г. Ичитовкиной и др. (2025), П. Е. Крайнюкова и др. (2021). Согласно зарубежным данным (В. Hogan et al., 2020; WHO, 2020), выявлена высокая значимость цифровых решений и телемедицины. Отечественные работы подчеркивают важность подготовки специалистов нового типа: управленчески ориентированных, владеющих тактической медициной. Междисциплинарный характер проблем подтвержден умеренным перекрытием тематик между кластерами. Это отражает зрелость управленческого мышления респондентов и потенциал системы к комплексной трансформации.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Исследование выявило высокий уровень управленческого осознания проблем и наличие сформулированного запроса на стратегическую модернизацию ведомственного здравоохранения МВД России. Основные направления — цифровизация, развитие тактической медицины и улучшение логистики экстренной помощи. Полученные

данные могут быть положены в основу программных и нормативных решений в рамках системной реформы медицинского сопровождения сотрудников ОВД в условиях чрезвычайной ситуации.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** морская медицина, ведомственное здравоохранение, Министерство внутренних дел России, чрезвычайные ситуации, экстренная медицинская помощь, цифровые технологии, управление здравоохранением, кластерный анализ, тактическая медицина, мониторинг здоровья

\*Для корреспонденции: Ичитовкина Елена Геннадьевна, e-mail: elena.ichitovckina@yandex.ru

\*For correspondence: Elena G. Ichitovkina, e-mail: elena.ichitovckina@yandex.ru

**Для цитирования:** Иванов Н. М., Ичитовкина Е. Г., Соловьев А. Г. Приоритетные направления совершенствования медицинского сопровождения сотрудников органов внутренних дел Российской Федерации в чрезвычайных условиях профессиональной деятельности: описательное поперечное эмпирическое исследование // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 4 С. 90–97, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-90-97>; EDN: <https://elibrary.ru/ETAQKM>

**For citation:** Ivanov N. M., Ichitovkina E. G., Soloviev A. G. Priority directions for improving medical support for employees of internal affairs bodies of Russian Federation in emergency conditions of professional activities: descriptive cross-cross-case empirical study // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, No. 4. P. 90–97, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-90-97>; EDN: <https://elibrary.ru/ETAQKM>

## PRIORITY DIRECTIONS FOR IMPROVING MEDICAL SUPPORT FOR EMPLOYEES OF INTERNAL AFFAIRS BODIES OF RUSSIAN FEDERATION IN EMERGENCY CONDITIONS OF PROFESSIONAL ACTIVITIES: DESCRIPTIVE CROSS-CROSS-CASE EMPIRICAL STUDY

<sup>1</sup>Nikolay M. Ivanov, <sup>1</sup>Elena G. Ichitovkina\*, <sup>2</sup>Andrey G. Soloviev

<sup>1</sup>Department of Medical Support, Department of Material and Technical Supply of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

**INTRODUCTION.** With the increasing intensity and diversity of emergency situations faced by law enforcement personnel, ensuring effective and continuous medical support is becoming a priority for departmental healthcare. Current medical care mechanisms often fail to meet the requirements of efficiency, mobility, and interdepartmental coordination. The lack of digital solutions, insufficient equipment, and staffing shortages exacerbate the system's vulnerability in an unstable operational environment. This necessitates a strategic rethinking of the organizational, personnel, and technological foundations for medical care delivery within the Russian Ministry of Internal Affairs.

**OBJECTIVE.** Identification of priority areas for improving the system of medical support for employees of the internal affairs bodies of the Russian Federation in emergency situations of professional activity based on an analysis of the opinions of the heads of departmental medical organizations using text data clustering methods.

**MATERIALS AND METHODS.** The empirical basis of the study consisted of the results of a questionnaire survey of 408 heads of departmental medical institutions of the Ministry of Internal Affairs of Russia. The geographic coverage included all federal districts, ensuring a representative sample. The survey included 13 questions, including open-ended ones, subject to semantic analysis. Intelligent text processing methods were used: TF-IDF vectorization, K-Means clustering, lemmatization, stop word removal, PCA visualization, and cosine similarity calculation. Quantitative data were analyzed using descriptive statistics. The volume of analyzed texts was 408 open-ended responses; the data collection period was October–November 2024. Key words for semantic processing included: digitalization, emergency assistance, training, logistics, tactical medicine, etc.

**RESULTS.** An analysis of the questionnaires revealed three key conceptual clusters: 1) digitalization and telemedicine; 2) organizational and resource support; 3) training of medical personnel, including tactical medicine. Among the main problems, respondents identified the lack of a systematic approach (32.8%), a shortage of personnel training (29.9%), and poor drug provision (27.2%). Equipment modernization was supported by 87.9% of respondents, the need to create a unified information system by 67.7%, and emergency care reform by 65%. A persistent desire for systemic transformation in the digital, organizational, and educational areas was revealed.

**DISCUSSION.** The obtained results confirm the presence of persistent problems previously noted in the studies of A. P. Ovcharenko et al. (2023), E. G. Ichitovkina et al. (2025), P. E. Krainyukov et al. (2021). According to international data (B. Hogan et al., 2020; WHO, 2020), the high significance of digital solutions and telemedicine was revealed. Domestic studies emphasize the importance of training a new type of specialists: management-oriented, proficient in tactical medicine. The interdisciplinary nature of the problems is confirmed by a moderate overlap of topics between clusters. This reflects the maturity of the respondents' management thinking and the system's potential for comprehensive transformation.

**CONCLUSION.** The study revealed a high level of management awareness of the problems and a clearly formulated demand for strategic modernization of the Russian Ministry of Internal Affairs' departmental healthcare system. Key areas of focus

include digitalization, development of tactical medicine, and improved emergency logistics. The findings can be used as the basis for programmatic and regulatory decisions as part of a systemic reform of medical support for police officers in emergency situations.

**KEYWORDS:** marine medicine, maritime medicine, departmental healthcare, the Russian Ministry of Internal Affairs, emergency situations, emergency medical care, digital technologies, healthcare management, cluster analysis, tactical medicine, health monitoring

**Введение.** Обеспечение непрерывного и эффективного медицинского сопровождения сотрудников Органов внутренних дел (ОВД) Российской Федерации в условиях чрезвычайных ситуаций остается одной из приоритетных задач ведомственного здравоохранения [1]. Условия службы сотрудников ОВД сопряжены с высокими физическими и психоэмоциональными нагрузками, рисками получения травм, воздействием экстремальных факторов внешней среды, что требует четко организованной, ресурсно обеспеченной и оперативной системы оказания медицинской помощи [2]. В современных условиях, характеризующихся возрастающей частотой природных, техногенных и социально обусловленных кризисов, актуализируется необходимость пересмотра организационно-структурных основ медицинской помощи в чрезвычайных ситуациях (ЧС) [3] с учетом специфики служебной деятельности и повышенного уровня профессиональной уязвимости сотрудников правоохранительных органов.

Существующие механизмы медицинского обеспечения зачастую не в полной мере отвечают требованиям высокой мобильности, технологической оснащенности и управленческой гибкости [3]. Дефицит кадров, недостаточное техническое оснащение, несогласованность между уровнями системы, а также отсутствие единого информационного пространства существенно ограничивают потенциал медицинской службы МВД России в чрезвычайных условиях. На этом фоне особое значение приобретает интеграция цифровых технологий, разработка нормативных решений, направленных на унификацию подходов к оказанию помощи, и развитие системы подготовки медицинских кадров с акцентом на тактическую медицину и готовность к действиям в условиях нестабильной оперативной обстановки [4].

Актуальность исследования обусловлена необходимостью получения объективной управленческой информации от непосредственных руководителей ведомственных медицинских

учреждений, которая позволяет не только зафиксировать ключевые проблемные зоны, но и определить направления модернизации системы, основанные на практическом опыте [6]. Использование методов интеллектуального анализа текстов, в том числе кластеризации и семантического моделирования, позволяет выявить скрытые смысловые структуры в мнениях специалистов, а также построить обоснованные управленческие рекомендации [7]. Проведенное исследование отвечает современным требованиям к организации здравоохранения в условиях риска и неопределенности и может быть положено в основу разработки стратегических решений в системе медицинского сопровождения сотрудников ОВД в условиях ЧС.

**Цель.** Выявление приоритетных направлений совершенствования системы медицинского сопровождения сотрудников ОВД Российской Федерации в условиях ЧС профессиональной деятельности на основе анализа мнений руководителей ведомственных медицинских организаций с использованием методов кластеризации текстовых данных.

**Материалы и методы.** Эмпирическую основу исследования составили данные анкетного опроса, проведенного среди 408 руководителей ведомственных медицинских организаций Министерства внутренних дел (МВД) Российской Федерации, включая центральные и региональные Федеральные казенные учреждения здравоохранения «Медико-санитарная часть Министерства внутренних дел Российской Федерации» (ФКУЗ МСЧ МВД России). Участники опроса представляли различные субъекты Российской Федерации, что обеспечило широкое географическое покрытие и репрезентативность выборки. Средний стаж профессиональной деятельности респондентов составил  $21,67 \pm 8,85$  года, что свидетельствует о высоком уровне профессиональной зрелости и управленческого опыта опрошенных лиц. Большинство ( $n = 399$ ) респондентов указали своей основной специальностью «организацию здравоохранения и общественное здоровье».

Анкета включала 13 открытых и закрытых вопросов, направленных на выявление оценки текущего состояния системы медицинского сопровождения в чрезвычайных условиях, а также сбор предложений по ее совершенствованию. Основное внимание было сосредоточено на анализе текстовых ответов респондентов. Для обработки текстовых данных был применен метод кластеризации K-Means, реализованный после предварительной векторизации текстов с использованием алгоритма TF-IDF (Term Frequency – Inverse Document Frequency). Данный метод позволил преобразовать неструктурированные текстовые данные в числовое представление, учитывающее как частотность терминов в каждом документе, так и их дискриминативную значимость в пределах всего корпуса ответов. На этапе предобработки текстов применялись базовые процедуры очистки данных: лемматизация, удаление стоп-слов, нормализация регистра. Для визуализации результатов кластеризации был использован метод главных компонент (Principal Component Analysis, PCA), позволивший представить многомерные данные в двумерном пространстве и оценить степень тематической разобщенности кластеров. Дополнительно проведен анализ косинусного сходства между центроидами кластеров, позволяющий количественно оценить взаимосвязь смыслового содержания различных тематических групп.

Анализ количественных оценок по закрытым вопросам осуществлялся с использованием ме-

тодов описательной статистики (средние значения, стандартное отклонение, долевые показатели). Для выявления ключевых проблем и направлений развития системы медицинского сопровождения применялась частотная интерпретация распределения ответов.

**Результаты.** Анкетирование руководителей 408 медицинских организаций подведомственных МВД России, позволило выявить структурные и содержательные особенности восприятия существующих проблем в системе медицинского сопровождения сотрудников ОВД в условиях чрезвычайных ситуаций. Большинство (75,4 %) респондентов охарактеризовали текущую систему как «среднюю по эффективности», тогда как 22,6 % оценили ее как низкую, а только 1,4 % – как высокую. Лишь 0,6 % указали на очень низкий уровень функционирования системы. Проведенный тематический анализ открытых ответов с использованием метода кластеризации K-Means и TF-IDF-векторизации показал, что предложения респондентов по улучшению системы медицинского сопровождения формируют три устойчивых смысловых кластера.

- Кластер 1 ( $n = 307$ ) отражает фокус на внедрение цифровых технологий в систему медицинского обеспечения. Ответы включали идеи по созданию информационных платформ для мониторинга состояния сотрудников, развитию телемедицинских сервисов и использованию автоматизированных систем диагностики.

- Кластер 2 ( $n = 299$ ) концентрируется на организационных и технических аспектах функционирования медицинских учреждений, включая кадровое обеспечение, нормативно-правовую регламентацию и материально-техническую базу. Особое внимание респонденты уделяли необходимости нормативного закрепления требований, предъявляемых к медицинской службе в условиях ЧС.

- Кластер 3 ( $n = 296$ ) объединяет высказывания, касающиеся обучения и подготовки медицинского персонала, внедрения программ повышения квалификации, в том числе по тактической медицине, а также развития индивидуализированного мониторинга состояния здоровья сотрудников ОВД.

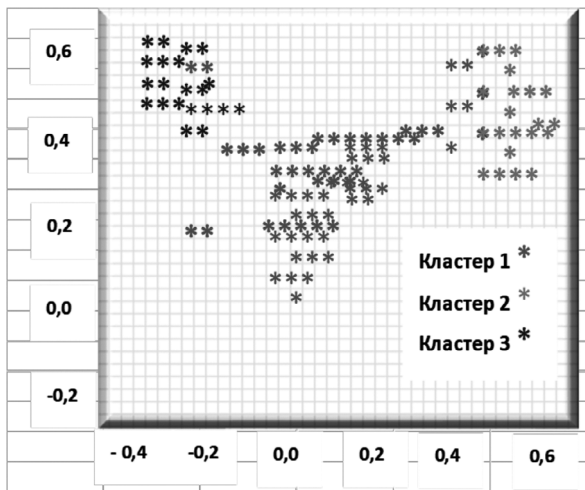
Визуализация результатов кластеризации методом главных компонент (PCA) показала достаточно четкое разделение смысловых групп, что свидетельствует о тематической определенности ответов.



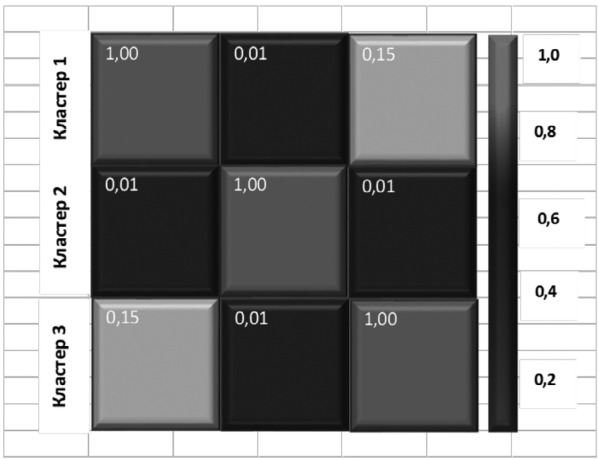
**Рис. 1.** Тематическое содержание кластеров по результатам кластеризации K-Means

**Fig. 1.** Thematic content of clusters based on K-Means clustering results





**Рис. 2.** Визуализация кластеров с использованием метода главных компонент (PCA)  
**Fig. 2.** Visualization of clusters using the Principal Component Analysis (PCA) method



**Рис. 3.** Тепловая карта косинусного сходства между центроидами кластеров  
**Fig. 3.** Heatmap of cosine similarity between cluster centroids

Таблица

**Основные проблемы организации медицинской помощи сотрудникам ОВД в условиях ЧС**  
**Table**  
**Key Problems in Organizing Medical Care for Law Enforcement Officers in Emergency Situations**

Проблема / Problem	n	%
Отсутствие системного подхода / Lack of a systematic approach	134	32,8
Недостаточная подготовка специалистов / Insufficient training of specialists	122	29,9
Проблемы с обеспечением медикаментами / Problems with medical supply provision	111	27,2
Недостаточная техническая оснащенность / Inadequate technical equipment	76	18,6
Недочеты нормативной правовой базы / Deficiencies in the regulatory and legal framework	74	18,1
Особенности работы в чрезвычайных условиях / Specific challenges of working in emergency conditions	71	17,4
Общая неопределенность или отсутствие предложений / General uncertainty or lack of proposed solutions	39	9,6

При этом расчеты косинусного сходства между центроидами кластеров продемонстрировали умеренную степень перекрытия содержательных полей (значения варьировали от 0,5 до 0,8), указывая на комплексный характер обсуждаемых проблем и наличие междисциплинарных подходов в управленческом мышлении.

При анализе закрытых вопросов анкетирования установлены наиболее значимые препятствия для эффективной организации медицинской помощи в условиях ЧС (см. таблицу).

Анализ ответов респондентов продемонстрировал, что одной из наиболее критически оцениваемых сфер организации медицинского сопровождения сотрудников органов внутренних дел в условиях чрезвычайных ситуаций является

экстренная медицинская помощь. Более 65 % опрошенных руководителей указали на необходимость ее приоритетного совершенствования, акцентируя внимание на существующих затруднениях, связанных с недостаточной мобильностью и оперативностью реагирования, а также отсутствием должного уровня координации между различными подразделениями системы здравоохранения. В условиях ЧС, по мнению участников опроса, медицинская помощь должна предоставляться в кратчайшие сроки и с высокой степенью адаптивности к изменяющейся оперативной обстановке, что требует соответствующего уровня оснащенности, укомплектованности обученным персоналом и регламентированного взаимодействия между

структурами. Руководители подчеркивают, что действующая система экстренного реагирования зачастую не обеспечивает должного уровня устойчивости при высоких нагрузках и требует пересмотра как с точки зрения логистики, так и с позиций ресурсного обеспечения.

Особый интерес в анкетировании вызвали цифровые решения, направленные на повышение эффективности медицинского сопровождения в экстремальных условиях. Существенная часть респондентов (67,7 %) отметила необходимость создания единой ведомственной информационной медицинской системы, способной интегрировать данные о состоянии здоровья сотрудников, анамнезе, уровнях физической и психоэмоциональной нагрузки, а также прогнозируемых рисках развития острых и хронических нарушений. В числе предлагаемых направлений цифровизации фигурировали дистанционный мониторинг состояния с использованием мобильных и носимых устройств, позволяющих в реальном времени отслеживать жизненно важные параметры, а также использование интеллектуальных алгоритмов обработки медицинских данных для раннего выявления предикторов ухудшения состояния здоровья. Особое значение придавалось формированию системы электронных клинических рекомендаций, доступной в полевых условиях, что, по мнению респондентов, может повысить качество принимаемых медицинских решений и снизить вероятность врачебных ошибок в условиях ограниченного времени.

Важным элементом предложения руководителей стало указание на необходимость комплексной поддержки ведомственной медицины, в том числе технической, кадровой и организационной. Подавляющее большинство (87,9 %) опрошенных подчеркивали потребность в переоснащении медицинских учреждений современным оборудованием, в том числе предназначенным для работы в полевых и экстремальных условиях, а также в проведении систематического обучения врачебного и среднего медицинского персонала. Особое внимание уделяется подготовке специалистов по профилю тактической медицины, способных эффективно действовать в условиях ограниченного доступа к ресурсам и высокой вероятности сопутствующих угроз для собственной безопасности. Руководители организаций указывают на необходимость внедрения новых форматов профессионального развития, включающих

цифровые модули обучения, тренажерные технологии, а также моделирование ситуаций в ЧС с отработкой алгоритмов командной работы.

**Обсуждение.** Полученные данные подтверждают наличие системных проблем в организации медицинского сопровождения сотрудников ОВД в условиях ЧС. Доминирующее восприятие руководителями медицинских организаций действующей системы как «среднеэффективной» при высокой доле оценок «низкой эффективности» (22,6 %) указывает на необходимость масштабной модернизации, что коррелирует с результатами аналогичных исследований в области медицины катастроф и ведомственного здравоохранения. Сравнение с данными, представленными А. П. Овчаренко и соавт. [3], подтверждает, что недостаточная готовность к оказанию экстренной медицинской помощи в условиях ЧС обусловлена как слабой логистической поддержкой, так и ограниченной координацией между подразделениями. В исследовании подчеркивается, что эффективная работа нештатных медицинских формирований требует системного планирования и устойчивых межведомственных связей, чего, по мнению респондентов анкетирования, не хватает и в текущей модели ведомственной медицины МВД России.

Высокая значимость цифровизации, выявленная в текущем исследовании (кластер 1; 67,7 % респондентов), полностью согласуется с трендом цифровой трансформации медицины, отмеченным G. Correia и соавт. [8]. Создание единой информационной платформы, интеграция телемедицинских технологий и применение носимых устройств с функцией мониторинга состояния сотрудников рассматриваются не просто как технологическая новизна, но как необходимое условие адаптации системы здравоохранения к требованиям оперативного реагирования. В. Ноган и соавт. [9] подтверждают значимость цифровых решений: например, по данным исследований, проведенных в США и странах ЕС, именно телемедицина и ИИ-аналитика позволили повысить выживаемость и оперативность медпомощи в условиях катастроф.

Респонденты уделили значительное внимание вопросам подготовки кадров и внедрения тактической медицины, что нашло отражение в кластере 3. Аналогичные выводы делают П. Е. Крайнюков и соавт. [4], подчеркивая необходимость подготовки специалистов нового типа для работы в условиях гибридных угроз.

Подготовка в области тактической медицины, симуляционное обучение и психологическая устойчивость персонала рассматриваются как краеугольные компоненты эффективности ведомственной медицины [10].

Также выявлены структурные проблемы: нехватка кадров, дефицит нормативной базы, слабое техническое оснащение (по оценке респондентов – от 18 до 33 % по каждому параметру). Эти выводы согласуются с результатами исследований Р. Н. Лемешкина и соавт. [5], которые указывают на недостаточное ресурсное обеспечение даже специализированных медицинских отрядов в ходе ликвидации последствий ЧС. Особо следует отметить междисциплинарный характер предложений, зафиксированный через умеренную степень косинусного сходства между кластерами. Это свидетельствует о сформировавшемся у руководителей комплексном подходе к решению проблем, что совпадает с современными принципами устойчивого развития систем здравоохранения в условиях неопределенности (WHO, 2020) [11].

Таким образом, результаты исследования подтверждаются как отечественными, так и за-

рубежными данными и указывают на наличие в системе ведомственного здравоохранения МВД России потенциала для модернизации. Обоснованными являются стратегические направления: цифровизация, развитие тактической медицины, повышение мобильности и нормативное закрепление межведомственного взаимодействия в ЧС. Полученные данные могут служить основой для принятия программных решений на уровне МВД России и федеральных органов исполнительной власти.

**Заключение.** Полученные данные свидетельствуют о высокой степени осознания проблем, стоящих перед системой ведомственного здравоохранения МВД России, и о наличии управленческих инициатив, ориентированных на реализацию стратегических преобразований. Высокая частота упоминания цифровых решений, акцент на экстренной медицинской помощи, а также настойчивость в вопросах подготовки персонала позволяют говорить о формировании устойчивого запроса на модернизацию, основанную на комплексном, междисциплинарном и технологически ориентированном подходе.

#### Сведения об авторах:

*Иванов Николай Михайлович* – начальник управления медицинского обеспечения, Департамент по материально-техническому и медицинскому обеспечению МВД России; Россия, 123060, Москва, ул. Расплетина, д. 26; SPIN: 2375-1624; ORCID: 0009-0002-5888-1587; e-mail: doctorilla@mail.ru

*Ичитовкина Елена Геннадьевна* – доктор медицинских наук, доцент, главный психиатр МВД России, Департамент по материально-техническому и медицинскому обеспечению МВД России; Россия, 123060, Москва, ул. Расплетина, д. 26; SPIN: 4333-0282; ORCID: 0000-0001-8876-669X; e-mail: elena.ichitovckina@yandex.ru

*Соловьев Андрей Горгоньевич* – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой психиатрии, Северный государственный медицинский университет; Россия, 163069, г. Архангельск, Троицкий просп., д. 51; SPIN: 2952-0619; ORCID: 0000-0002-0350-1359; e-mail: ASoloviev1@yandex.ru

#### Information about the authors:

*Nikolay M. Ivanov* – Head of the Medical Support Department, Department of Material and Technical Support and Medical Services of the Ministry of Internal Affairs of Russia; Russia, 123060, Moscow, Raspletina Str., 26; SPIN: 2375-1624; ORCID: 0009-0002-5888-1587; e-mail: doctorilla@mail.ru

*Elena G. Ichitovkina* – Dr. of Sci. (Med.), Associate Professor, psychiatrist, Chief Psychiatrist of the Ministry of Internal Affairs of Russia; Department of Material and Technical Support and Medical Services of the Ministry of Internal Affairs of Russia; Russia, 123060, Moscow, Raspletina Str., 26; SPIN: 4333-0282; ORCID: 0000-0001-8876-669X; e-mail: elena.ichitovckina@yandex.ru

*Andrey G. Soloviev* – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Psychiatry, Northern State Medical University; Russia, 163069, Arkhangelsk, Troitsky Ave, 51; SPIN: 2952-0619; ORCID: 0000-0002-0350-1359; e-mail: ASoloviev1@yandex.ru

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

**Наибольший вклад распределен следующим образом.** Сбор первичных материалов, интерпретация полученных данных, написание первичного варианта статьи – Н. М. Иванов; сбор первичных материалов, написание первичного варианта статьи и подготовка иллюстраций, дизайн и методология исследования – Е. Г. Ичитовкина; постановка общей проблемы исследования, обсуждение результатов исследований, редактирование окончательного варианта статьи, структурирование материала – А. Г. Соловьев.

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

**Special contribution:** NMI the main contributions are distributed as follows: collection of primary materials, interpretation of obtained data, writing the initial draft of the article. EGI collection of primary materials, writing the initial draft of the article,

preparation of illustrations, design, and research methodology. AGS formulation of the general research problem, discussion of research results, editing of the final version of the article, structuring of the material.

**Потенциальный конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

**Финансирование:** исследование проведено без дополнительного финансирования.

**Funding:** the study was carried out without additional funding.

Поступила/Received: 11.07.2025

Принята к печати/Accepted: 15.12.2025

Опубликована/Published: 30.12.2025

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Сидоренко В. А., Рыбников В. Ю., Нестеренко Н. В. Основные показатели состояния здоровья и структура заболеваемости сотрудников органов внутренних дел, Федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы МЧС России и военнослужащих Вооруженных сил Российской Федерации // *Медицина катастроф*. 2021. № 2 (114). С. 11–15. doi: 10.33266/2070-1004-2021-2-11-15 [Sidorenko V. A., Rybnikov V. Yu., Nesterenko N. V. The main indicators of the state of health and the structure of morbidity of employees of the internal affairs bodies, the Federal Fire Service of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia and military personnel of the Armed Forces of the Russian Federation. *Disaster Medicine*, 2021, No. 2 (114), pp. 11–15 (In Russ.)]. doi: 10.33266/2070-1004-2021-2-11-15.
2. Евдокимов В. И., Иванов Н. М., Ичитовкина Е. Г., Лихолетов А. Г. Оценка состояния здоровья и заболеваемости сотрудников МВД России (2008–2023 гг.): монография. СПб.: Измайловский; 2024. 105 с. (Сер. «Заболеваемость военнослужащих»; вып. 22) [Evdokimov V. I., Ivanov N. M., Ichitovkina E. G., Likholeto A. G. Assessment of the state of health and morbidity of employees of the Ministry of Internal Affairs of Russia (2008–2023): monograph. St. Petersburg: Izmailovsky; 2024, 105 p. (Ser. “Morbidity of military personnel”; issue 22) (In Russ.)].
3. Овчаренко А. П., Лемешкин Р. Н., Толстосеев В. Н., Лучшев А. В. Анализ опыта работы по ликвидации медико-санитарных последствий чрезвычайных ситуаций у специалистов нештатных формирований службы медицины катастроф Минздрава России и федерального медико-биологического агентства // *Медицина катастроф*. 2023. № 1. С. 9–13 [Ovcharenko A. P., Lemeshkin R. N., Tolstosheev V. N., Luchshev A. V. Analysis of the experience in eliminating the medical and sanitary consequences of emergencies by specialists of non-regular units of the Disaster Medicine Service of the Russian Ministry of Health and the Federal Medical-Biological Agency. *Disaster Medicine*, 2023, (1), 9–13 (In Russ.)]. doi: 10.33266/2070-1004-2023-1-9-13.
4. Крайнюков П. Е., Самохвалов И. М., Рева В. А. Тактическая медицина – новая концепция для войн «нового типа» // *Военно-медицинский журнал*. 2021. Т. 342, № 5. С. 4–17 [Kraynyukov P. E., Samokhvalov I. M., Reva V. A. Tactical medicine – a new concept for wars of the “new type”. *Military Medical Journal*, 2021, 342(5), 4–17 (In Russ.)]. doi: 10.52424/00269050\_2021\_342\_5\_04.
5. Лемешкин Р. Н., Крикунов А. В., Ковальчук С. В., Савченко И. Ф. Имитационная модель оказания медицинской помощи раненым в медицинском отряде специального назначения в ходе ликвидации медико-санитарных последствий чрезвычайных ситуаций // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2017. № 4. С. 20–33. [Lemeshkin R. N., Krikunov A. V., Kovalchuk S. V., Savchenko I. F. Simulation model of medical care for the wounded in a special-purpose medical detachment during the elimination of medical and sanitary consequences of emergencies. *Medical-biological and social-psychological problems of safety in emergency situations*, 2017, No. 4, pp. 20–33 (In Russ.)]. doi: 10.25016/2541-7487-2017-0-4-20-33.
6. Гуменюк С. А., Федотов С. А., Федин А. Б., Базарова М. Б., Ярема В. И. Оценка величины медико-санитарных потерь среди населения в чрезвычайных ситуациях в мегаполисе, на примере г. Москвы // *Медицина катастроф*. 2024. № 2. С. 5–10 [Gumenyuk S. A., Fedotov S. A., Fedin A. B., Bazarova M. B., Yarema V. I. Assessment of the magnitude of medical-sanitary losses among the population in emergencies in a metropolis, on the example of Moscow. *Disaster Medicine*, 2024, No. 2, pp. 5–10 (In Russ.)]. doi: 10.33266/2070-1004-2024-2-5-10.
7. Закревский Ю. Н., Шевченко А. Г., Кузнецов С. А., Архангельский Д. А., Сердюк В. И., Жданов А. А. Опыт медицинского обеспечения учения межвидовой группировки сил (войск) в Арктике // *Военно-медицинский журнал*. 2018. Т. 339, № 8. С. 93–96 [Zakrevsky Yu. N., Shevchenko A. G., Kuznetsov S. A., Arkhangelsky D. A., Serdyuk V. I., Zhdanov A. A. Experience of medical support for the training of an interspecific group of forces (troops) in the Arctic. *Military Medical Journal*, 2018, T. 339, No. 8, pp. 93–96 (In Russ.)].
8. Correia G., Alves V., Novais P. The impact of artificial intelligence on emergency medicine: a review of recent advances // *arXiv preprint*, 2025, arXiv: 2504.12345 doi: 10.48550/arXiv.2504.12345
9. Hogan B., MacDonald R., Wallace J., O'Connor S. Emergency medicine and digital health: real-world challenges and future directions // *Journal of Medical Internet Research*, 2020, Vol. 22, No. 7, P. e18940. doi: 10.2196/18940.
10. European Centre for Disease Prevention and Control. Digital technologies for infectious disease surveillance, prevention and control: a scoping review of the research literature 2015–2019. Stockholm: ECDC, 2021, 60 p. doi: 10.2900/086179.
11. World Health Organization. Strengthening the health system response to COVID-19: Recommendations for the WHO European Region. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2020, 40 p.

## ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕЛЕМЕДИЦИНСКИХ КОМПЛЕКСОВ В МОРСКИХ УСЛОВИЯХ

<sup>1</sup>С. А. Куприянов\*, <sup>2</sup>Н. В. Минаев, <sup>2</sup>Р. В. Сатаев, <sup>2</sup>Д. В. Локтионов

<sup>1</sup>Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия.

<sup>2</sup>Медицинская служба Тихоокеанского флота, г. Владивосток, Россия

**ВВЕДЕНИЕ.** Представлены результаты оценки функционирования мобильного телемедицинского комплекса ICLMed на борту госпитального судна «Иртыш» в ходе исследовательского специального учения на Тихоокеанском флоте в 2025 г. Проанализированы параметры устойчивости связи, погодные и тактические условия, а также проведено сравнение с полнофункциональным стационарным телемедицинским комплексом.

**ЦЕЛЬ.** Оценить техническую устойчивость, функциональные характеристики и эксплуатационную пригодность мобильного телемедицинского комплекса ICLMed на борту госпитального судна в условиях морского плавания.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** В исследование включены данные 84 сеансов телемедицинской связи, проведенных на борту госпитального судна «Иртыш» в период плавания. Учтены погодные условия, курс, волнение, уровень сигнала (SNR), стабильность соединения, субъективная оценка качества связи по 6-балльной шкале. Выполнен описательный и сравнительный статистический анализ, включая парный *t*-критерий Стьюдента и коэффициент конкордации Кендалла.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** Проанализированы 84 телемедицинских сеанса, проведенных на борту госпитального судна; 83 (98,8 %) из них завершились успешно при среднем уровне сигнала SNR 6,9 дБ (медиана – 7,2 дБ). Единственный сбой был зафиксирован при стоянке судна в условиях плотного тумана и возможного экранирования антенны. Квалиметрическая экспертиза выявила статистически значимые различия между мобильным (4,18 балла) и стационарным (7,33 балла) телемедицинскими комплексами по 10 из 12 параметров. Коэффициенты конкордации Кендалла ( $W = 0,71$  и  $W = 0,75$ ) свидетельствуют о согласованности экспертных оценок. Мобильный комплекс показал преимущества по таким параметрам, как компактность, модульность и управление диагностическими аппаратами.

**ОБСУЖДЕНИЕ.** Использование мобильного комплекса подтвердило его устойчивость и техническую готовность к использованию в море. Ограничения были связаны с неполной комплектацией и погодными условиями. Выявлен потенциал масштабирования и адаптации комплекса при дооснащении.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Мобильный телемедицинский комплекс ICLMed может эффективно использоваться в условиях морского плавания при наличии обученного персонала и дополнительного оборудования. Результаты исследования подтверждают важность развития морской телемедицины и улучшения технического оснащения мобильных комплексов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** морская медицина, телемедицина, госпитальное судно, медицинское обеспечение

\*Для корреспонденции: Куприянов Сергей Андреевич, e-mail: [ksa-0381@mail.ru](mailto:ksa-0381@mail.ru)

\*For correspondence: Sergey A. Kupriyanov, e-mail: [ksa-0381@mail.ru](mailto:ksa-0381@mail.ru)

**Для цитирования:** Куприянов С. А., Минаев Н. В., Сатаев Р. В., Локтионов Д. В. Возможности использования телемедицинских комплексов в морских условиях // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 4. С. 98–104,

doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-98-104>; EDN: <https://elibrary.ru/FEUIPD>

**For citation:** Kupriyanov S. A., Minaev N. V., Sataev R. V., Loktionov D. V. Possibilities of using telemedicine systems in marine conditions // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, No. 4. P. 98–104, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-98-104>; EDN: <https://elibrary.ru/FEUIPD>

## POSSIBILITIES OF USING TELEMEDICINE SYSTEMS IN MARINE CONDITIONS

<sup>1</sup>Sergey A. Kupriyanov\*, <sup>2</sup>Nikolay V. Minaev, <sup>2</sup>Rashid V. Sataev, <sup>2</sup>Denis V. Loktionov

<sup>1</sup>Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

<sup>2</sup>Medical Service of the Pacific Fleet, Vladivostok, Russia

**INTRODUCTION.** The study presents the evaluation results the functioning of the ICLMed mobile telemedicine complex on board the hospital ship Irtysh during a special research exercise in the Pacific Fleet in 2025. The parameters of communication stability, weather and tactical conditions are analyzed, and a comparison is made with a fully functional stationary telemedicine complex.

**OBJECTIVE.** To evaluate the technical stability, functional characteristics and operational suitability of the ICLMed mobile telemedicine complex on board a hospital ship under sea navigation conditions.

**MATERIALS AND METHODS.** The study included data from 84 telemedicine sessions conducted aboard the hospital ship Irtysh during its voyage. Weather conditions, course, wave conditions, signal strength (SNR), connection stability, and subjective assessment of connection quality on a 6-point scale were taken into account. Descriptive and comparative statistical analyses were performed, including the paired Student's t-test and Kendall's coefficient of concordance.

**RESULTS.** 84 telemedicine sessions conducted on board a hospital ship were analyzed; 83 (98.8%) of these were successful with an average SNR of 6.9 dB (median 7.2 dB). The only failure was recorded when the ship was moored in dense fog and possible antenna shielding. A qualimetric assessment revealed statistically significant differences between the mobile (4.18 points) and stationary (7.33 points) telemedicine systems for 10 of the 12 parameters. Kendall's concordance coefficients ( $W = 0.71$  and  $W = 0.75$ ) indicate agreement between the expert assessments. The mobile system demonstrated advantages in such parameters as compactness, modularity, and control of diagnostic equipment.

**DISCUSSION.** The mobile complex's use confirmed its sustainability and technical readiness for use at sea. Limitations were related to incomplete equipment and weather conditions. The potential for scaling and adapting the complex with additional equipment was revealed.

**CONCLUSION.** The ICLMed mobile telemedicine system can be effectively used at sea with trained personnel and additional equipment. The study's results confirm the importance of developing maritime telemedicine and improving the technical capabilities of mobile systems.

**KEYWORDS:** marine medicine, maritime medicine, telemedicine, hospital ship, medical support

**Введение.** Задачи, выполняемые Военно-Морским Флотом Российской Федерации (ВМФ) в современных условиях, требуют автономного и высокотехнологичного подхода к медицинскому обеспечению. В условиях удаленности от стационарных лечебных организаций, отсутствия профильных специалистов на борту кораблей, а также ограниченности сил и средств медицинского обеспечения особую значимость приобретают дистанционные формы оказания медицинской помощи [1, 2].

Телемедицина как один из инструментов цифрового здравоохранения, демонстрирует высокую эффективность при решении задач диагностики, мониторинга и консультирования в условиях значительной удаленности от этапов оказания медицинской помощи. Она способствует повышению качества медицинской помощи и снижает необходимость эвакуации по медицинским показаниям [3–6]. Особенно актуально ее применение на кораблях и судах, выполняющих задачи в дальней морской и океанской зонах, где медицинская эвакуация либо невозможна, либо сопряжена с существенными

временными, организационными и экономическими издержками [7, 8].

Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью практической апробации телемедицинских технологий в условиях морского плавания. Несмотря на наличие теоретических обоснований и отдельных описаний использования телемедицины на флоте, отсутствуют систематизированные данные о стабильности связи, качестве передачи данных и проведении диагностических манипуляций в условиях ВМФ.

Вместе с тем использование телемедицинских комплексов в условиях морского плавания сопряжено с рядом ограничений: неустойчивостью спутниковой связи и низкой скоростью передачи данных, влиянием гидрометеорологических факторов (туман, волнение и др.), требованиями к скрытности корабля, а также подвижностью антенн в условиях качки [9]. Практическая оценка таких систем возможна преимущественно в рамках учений или боевой службы, где фиксируются реальные показатели их надежности, устойчивости и диагностической применимости.

В ходе исследовательского специального учения по медицинскому обеспечению Тихоокеанского флота (ТОФ), проведенного в июне–июле 2025 г., была поставлена задача – оценить работу телемедицинского комплекса (ТМК), установленного на борту госпитального судна «Иртыш», в условиях реального плавания и моделируемых тактических сценариев. Полученные результаты легли в основу настоящего исследования.

**Цель.** Оценить техническую устойчивость, функциональные характеристики и эксплуатационную пригодность мобильного телемедицинского комплекса ICLMed<sup>1</sup> на борту госпитального судна в условиях морского плавания.

**Материалы и методы.** Исследование основано на анализе работы мобильного телемедицинского комплекса ICLMed, установленного на борту госпитального судна «Иртыш», в ходе исследовательского специального учения. В рамках практической апробации была оценена функциональность комплекса в условиях морского плавания и стоянки на якоре при различных погодных и навигационных условиях.

Объектом исследования выступили сеансы телемедицинских консультаций, регистрировавшиеся в формате стандартизированной электронной таблицы наблюдений. Всего зафиксировано 84 полноценных телемедицинских сеансов, осуществленных как в ходе движения судна, так и во время якорной стоянки.

В рамках наблюдений регистрировались следующие параметры: географические координаты судна; состояние моря по балльной шкале волнения; гидрометеорологические условия (ясно, облачно, туман, дождь); технические параметры движения (курс, скорость, режим – движение/якорная стоянка); наличие магнитных бурь или радиопомех; исправность навигационного и связного оборудования; факт GPS-синхронизации; уровень сигнала (Signal-to-Noise Ratio, SNR, в децибелах); скорость передачи данных; время отправки стандартного файла объемом 45 МБ, а также субъективная оценка качества сеанса по 6-балльной шкале, где за каждый из шести бинарных критериев – HD-видео, разборчивое аудио, передача диагностических изображений (УЗИ/ЭКГ/рентген), передача текстовых лабораторных

данных, стабильность канала и отсутствие задержек – начислялся 1 балл (при несоответствии – 0), что в сумме давало итоговую оценку от 0 до 6.

Все данные были подвергнуты математической обработке с использованием методов описательной статистики (среднее, медиана, стандартное отклонение, минимум, максимум). Для выявления связей между параметрами был выполнен корреляционный анализ по Пирсону между уровнем сигнала и качеством телемедицинской консультации, а также между балльной оценкой волнения моря и стабильностью связи.

Дополнительно проведен качественный анализ условий, приведших к одному неуспешному сеансу связи, включая экспертную интерпретацию влияющих факторов.

В целях сравнительной оценки эксплуатационных и функциональных характеристик мобильного ТМК ICLMed и стационарного ТМК, используемого в одном из госпиталей ТОФ, была организована экспертная оценка. В ней приняли участие 7 респондентов, обладающих опытом практической эксплуатации телемедицинских систем. Каждый эксперт оценивал оба комплекса по 12 параметрам, включающим технические, программные и организационные характеристики. Полученные данные были обработаны с использованием парного *t*-критерия Стьюдента для зависимых выборок и метода оценки согласованности мнений с применением коэффициента конкордации Кендала (W).

**Результаты.** В ходе исследования был проведен анализ 84 телемедицинских сеансов, реализованных на борту госпитального судна «Иртыш» врачом-специалистом в период с 19 июня по 6 июля 2025 года (рис. 1). Сеансы проводили как во время движения судна с различной скоростью и курсом, так и при стоянке на якоре в условиях переменных погодных факторов. Из общего количества телемедицинских консультаций 83 завершились успешно и были оценены оператором на 6 баллов, что составило 98,8 % от общего количества. Один (1,2 %) сеанс оказался неуспешным (оценка 0 баллов).

Средние значения ключевых показателей составили: субъективная оценка качества сеансов – 5,9 балла (медиана – 6,0); уровень сигнала SNR – от 4,5 до 7,8 дБ, среднее значение – 6,9 дБ, медиана – 7,3 дБ.

Скорость передачи данных обеспечивала стабильную отправку файла объемом 45 МБ,

<sup>1</sup>[https://icl-techno.ru/solutions/resheniya\\_dlya\\_zdravoohraneniya/mobilnyy-kompleks-iclmed-telemeditsiny/?ysclid=mc8oje7y9z161499517](https://icl-techno.ru/solutions/resheniya_dlya_zdravoohraneniya/mobilnyy-kompleks-iclmed-telemeditsiny/?ysclid=mc8oje7y9z161499517)



при этом средняя продолжительность передачи составила 7 мин 8 сек (эквивалентно ~107,6 КБ/с), а медианное время – 6 мин 30 сек. Зарегистрированные скорости варьировали от 42,8 до 154 КБ/с.

Волнение моря не превышало 3 баллов, погодные условия колебались от ясных до тумана с дождем. Единственный сбой связи отмечен при стоянке судна в условиях тумана предположительно из-за экранирования антенны. В других аналогичных условиях при  $SNR \geq 4,5$  дБ соединение оставалось стабильным.

Корреляционный анализ не выявил статистически значимой зависимости между уровнем сигнала и субъективной оценкой качества связи, что, вероятно, связано с низкой вариативностью оценок. При этом отмечено умеренное снижение уровня  $SNR$  при повышении балльности волнения моря и ухудшении метеоусловий (в частности, при тумане), что соответствует техническим ожиданиям.

Из общего числа 84 телемедицинских сеансов 13 были проведены в ночное время (01:00) и не продемонстрировали отличий по качеству связи или скорости передачи данных по сравнению с дневными сеансами, что свидетельствует о стабильности работы комплекса в любое время суток.

Для объективной сравнительной характеристики двух телемедицинских комплексов – мобильного ТМК ICLMed, установленного на борту судна, и стационарного ТМК, развернутого в госпитале ТОФ, – была проведена квалитетрическая оценка с участием 7 экспертов. Средние оценки,  $p$ -значения по  $t$ -критерию Стьюдента и наличие статистически значимых различий (при уровне значимости  $p < 0,05$ ) представлены в таблице.

Согласно полученным данным, средняя интегральная оценка стационарного ТМК составила 7,33 балла, тогда как мобильный ТМК ICLMed – 4,18 балла. Коэффициенты конкордации Кендалла составили  $W = 0,71$  для стационарного комплекса и  $W = 0,75$  для мобильного, что свидетельствует о достаточном уровне согласованности экспертных мнений. Несмотря на общее преимущество стационарного комплекса, мобильный ТМК ICLMed получил более высокие оценки по таким параметрам, как управление диагностическими аппаратами, компактность и модульность.

Визуализация результатов с помощью boxplot-диаграммы (рис. 2) дополнительно подчеркивает выявленные различия: стационарный ТМК демонстрирует более высокую

Таблица

**Сравнительная экспертная оценка функциональных параметров телемедицинских комплексов (стационарного и мобильного ICLMed)**

Table

**Comparative expert assessment of functional parameters of telemedicine complexes (stationary and mobile ICLMed)**

Критерий	Средняя оценка		$p$ ( $t$ -тест)	Различие ( $p < 0,05$ )
	стационарный	мобильный		
Возможность видеосвязи	7,86	0,14	0,001	Значимое
Передача видео и аудио контента	8,71	1,0	0,001	Значимое
Простота в настройке маневрирования и использования	6,0	7,0	0,62	Незначимое
Возможность передачи РГ, КТ, МРТ- снимков	10,0	1,0	0,001	Значимое
Удобство программного обеспечения	7,29	4,0	0,001	Значимое
Функциональность программного обеспечения	8,86	4,0	0,001	Значимое
Взаимодействие с медицинскими информационными системами	8,0	8,0	1,0	Незначимое
Создание новых назначений для пациентов	8,71	4,0	0,001	Значимое
Управление диагностическими аппаратами	0,14	6,0	0,001	Значимое
Автоматическая интерпретация данных	9,0	6,0	0,001	Значимое
Компактность и модульность	4,0	9,0	0,001	Значимое
Защита данных	10,0	0,0	0,001	Значимое



**Рис. 1.** Телемедицинский сеанс  
**Fig. 1.** Telemedicine session

медиану оценок и меньшую вариативность, в то время как мобильный ТМК ICLMed характеризуется большим разбросом и более низкими значениями по большинству критериев. Это подчеркивает преимущество стационарного решения в условиях наличия инфраструктуры, но также указывает на возможности доработки мобильной платформы.

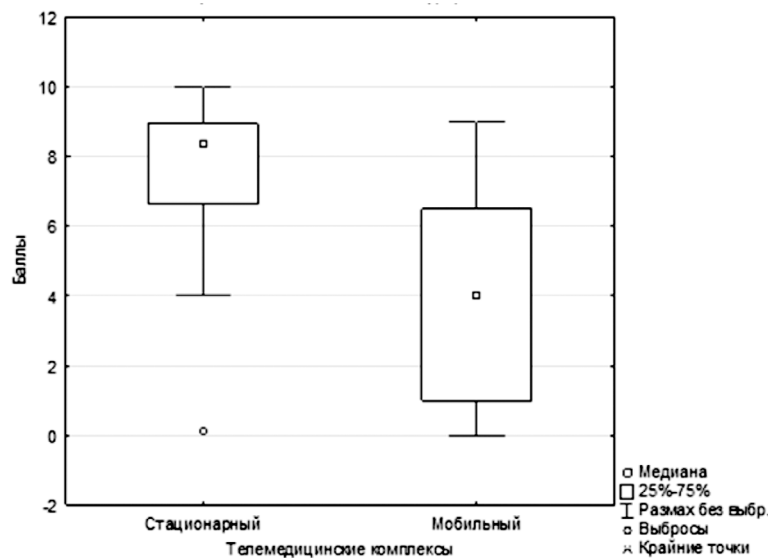
Важно подчеркнуть, что в рамках учения на борту судна использовалась упрощенная версия комплекса ICLMed, поставленная без ряда штатных компонентов: видеосвязи, защищен-

ного канала передачи данных и расширенного программного обеспечения визуализации. Это существенным образом повлияло на его балльную оценку по ряду критически важных параметров.

В этой связи прямое сопоставление с полнофункциональным стационарным ТМК, развернутым в условиях госпиталя, следует интерпретировать как сравнительный анализ текущей конфигурации, а не всей потенциальной платформы ICLMed.

**Обсуждение.** Полученные результаты подтверждают высокую устойчивость и надежность работы телемедицинского комплекса на борту госпитального судна «Иртыш» при типичных гидрометеороусловиях. Большинство сеансов было проведено без технических сбоев, с высокими субъективными оценками и устойчивыми параметрами связи. Это демонстрирует, что современные корабельные телемедицинские решения могут эффективно функционировать даже в условиях отдаленности от пунктов базирования.

Ключевым техническим параметром, определяющим возможность полноценной телемедицинской консультации, выступает соотношение сигнал/шум (SNR). Анализ показал, что при значениях  $SNR \geq 6$  дБ качество связи было стабильным, без критических потерь данных или разрывов соединения. Единственный неуспешный сеанс пришелся на стоянку в тумане, что,



**Рис. 2.** Диаграмма распределения балльных оценок параметров двух телемедицинских комплексов (boxplot)

**Fig.2.** Diagram of the distribution of scores for the parameters of two telemedicine complexes (boxplot)

вероятно, привело к кратковременному снижению уровня сигнала ниже критического порога.

В морских условиях система сохраняла устойчивую работу, что свидетельствует о корректной настройке антенн и стабилизаторов спутниковой связи. Метеорологические условия, в особенности туман, оказывали умеренное влияние на уровень сигнала, что требует дальнейшего изучения. Зафиксированная скорость передачи сведений была достаточной для стабильной передачи медицинских данных, что подтверждает техническую пригодность комплекса для дистанционной диагностики.

Сравнительный анализ показал, что стационарный телемедицинский комплекс, развернутый в госпитальных условиях, получил более высокую среднюю оценку по сравнению с мобильным ICLMed, который уступал по ряду функций, что объясняется его поставкой в ограниченной конфигурации.

Тем не менее эксперты отметили такие преимущества мобильного комплекса, как компактность, универсальность размещения и наличие базовых диагностических модулей. При поставке в полной конфигурации его потенциал может быть существенно расширен, что делает платформу ICLMed перспективной для дальнейшего внедрения в практику военно-морской медицины.

**Заключение.** Проведенная оценка функционирования ТМК ICLMed на борту госпитального судна «Иртыш» в рамках исследовательского специального учения медицинской службы Тихоокеанского флота показала его высокую устойчивость и техническую готовность к применению в условиях морского плавания. В то же время остаются отдельные вопросы, связанные

с обеспечением связи в условиях радиомолчания и скрытности. Хотя подобные сценарии не были отработаны в рамках учения, их включение в будущие исследования представляется необходимым.

Несмотря на выявленные ограничения поставленной конфигурации мобильного комплекса, его потенциал остается значительным. Расширение функциональности за счет доукомплектации диагностическими модулями, усиления защиты данных, совершенствования программного обеспечения, а также внедрения технологий искусственного интеллекта может существенно повысить клиническую эффективность, автономность и адаптивность системы в условиях морского плавания [10].

Мобильный комплекс ICLMed (телемедицинский), благодаря компактности, портативности и базовой диагностической оснащенности, остается перспективным решением для кораблей и судов ВМФ при наличии подготовленного персонала.

Таким образом, использование телемедицины на флоте представляется не только технически реализуемым, но и обоснованным с точки зрения повышения качества, доступности и своевременности медицинской помощи экипажам в условиях автономного плавания. Внедрение телемедицинских технологий на корабли и суда ВМФ могло бы способствовать оптимизации лечебно-эвакуационных мероприятий, снижению нагрузки на береговые лечебные организации и обеспечению ранней диагностики без необходимости немедленной эвакуации, что в перспективе позволило бы снизить уровень трудопотерь, инвалидизации и смертности среди военнослужащих.

#### Сведения об авторах:

*Куприянов Сергей Андреевич* – кандидат медицинских наук, старший преподаватель кафедры организации и тактики медицинской службы флота (с курсом тактики и боевых средств флота), Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0009-0006-5750-480X; SPIN: 1768-2257; e-mail: ksa-0381@mail.ru

*Минаев Николай Владимирович* – начальник медицинской службы Тихоокеанского флота; Россия, 690100, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, д. 12 а; ORCID: 0000-0001-9230-6549; SPIN: 3476-1873; e-mail: minaevnkv1@rambler.ru

*Сатаев Рашид Вахиевич* – начальник инфекционного отделения филиала № 2 ФГКУ «1477 ВМКГ» МО РФ; Россия, 619015, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Аммональная падь, д. 1; e-mail: bronik.06@yandex.ru

*Локтионов Денис Владимирович* – заместитель начальника медицинской службы Тихоокеанского флота; Россия, 690100, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 12 а

#### Information about the authors:

*Sergey A. Kupriyanov* – Cand. of Sci. (Med.), Medical Sciences, Senior lecturer of the Department of Organization and Tactics of the Medical Service of the Fleet (with a course in tactics and combat means of the Fleet), Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str, 6; ORCID: 0009-0006-5750-480X; SPIN: 1768-2257; e-mail: ksa-0381@mail.ru

*Nikolay V. Minaev* – Head of the Medical Service of the Pacific Fleet; Russia, 690100, Vladivostok, Verkhneportovaya Str, 12 a; ORCID: 0000-0001-9230-6549; e-mail: minaevnkv1@rambler.ru

Rashid V. Sataev – Head of the Infectious Diseases Department, Branch No. 2, Federal State Governmental Institution «1477th Military Clinical Hospital» of the Ministry of Defense of the Russian Federation; Russia, 619015, Petropavlovsk-Kamchatsky, Ammonalnaya Pad Str, 1; e-mail: bronik.06@yandex.ru

Denis V. Loktionov – Deputy Head of the Pacific Fleet Medical Service; Russia, Vladivostok, str, Verkhneportovaya, 12a

**Вклад авторов.** Все авторы в равной степени участвовали в разработке концепции статьи, анализе данных литературы, написании и редактировании текста статьи, проверке и утверждении текста статьи,

**Author contribution.** All authors equally participated in the development of the concept of the article, the analysis of literature data, writing and editing the text of the article, checking and approving the text of the article.

**Потенциальный конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** 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: 25.08.2025

Принята к печати/Accepted: 15.12.2025

Опубликована/Published: 30.12.2025

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Мосягин И. Г., Попов В. А., Плескач В. В. Корабельные группы специализированной медицинской помощи: история создания, возможности и перспективы // *Экология человека*. 2015. № 4. С. 22–31 [Mosyagin I. G., Popov V. A., Ple-skach V. V. Naval groups of specialized medical care: history, capabilities and prospects. *Human Ecology*, 2015, No. 4, pp. 22–31 (In Russ.)].
2. Hartvigsen G., Johansen M. A., Hasvold P., Bellika J. G., Arsand E., Arild E., Gammon D., Pettersen S., Pedersen S. Challenges in telemedicine and eHealth: lessons learned from 20 years with telemedicine in Tromsø. *Stud Health Technol Inform*, 2007, 129(Pt 1), 82–86.
3. Яриков А. В., Игнатьева О. И., Калинин А. А., Липатов К. С., Ким Е. Р., Фраерман А. П., Перльмуттер О. А., Со-снин А. Г., Туткин А. В., Цыбусов С. Н. Телемедицина в современной системе здравоохранения // *Здравоохранение Югры: опыт и инновации*. 2022. № 3 (32). 56–63 [Yarikov A. V., Ignatyeva O. I., Kalinkin A. A., Lipatov K. S., Kim E. R., Frayerman A. P., Perlmuter O. A., Sosnin A. G., Tutkin A. V., Tsybusov S. N. Telemedicine in the modern healthcare system. *Healthcare of Yugra: experience and innovations*, 2022, No. 3 (32), 56–63 (In Russ.)].
4. Абесалашвили М. З., Алиева М. Ф., Пшизова Б. М. Актуальные направления цифрового развития системы здравоохранения // *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*. 2025. Т. 33, № 2. С. 171–175 [Abesalashvili M. Z., Alieva M. F., Pshizova B. M. Relevant directions of digital development in healthcare. *Problems of Social Hygiene, Public Health and History of Medicine*, 2025, Vol. 33, No. 2, pp. 171–175 (In Russ.)].
5. Nguyen C., Mbuthia J., Dobson C. P. Reduction in Medical Evacuations from Iraq and Syria Following Introduction of an Asynchronous Telehealth System. *Mil Med*, 2020, 185(9–10), e1693–e1699.
6. Lin A. H., Welstead B. L., Morey B. L., Mahnke C. B., Cole J. H., Johnston M. G. Return on Investment Analysis of Health Experts onLine at Portsmouth: A 2-Year Review of the Navy's Newest Teleconsultation System. *Mil Med*, 2017, 182(5), e1696–e1701.
7. Rozycki S. W., et al. Telemedicine Proof of Concept and Cost Savings During Underway Naval Operations. *Telemed J E Health*. 2021, 27(5), 503–507.
8. Бумай О. К., Торшин Г. С., Малинина С. В. Актуальные вопросы эвакуации больных и пострадавших с морских судов // *Морская медицина*. 2020. Т. 6, № 3. С. 84–89 [Bumay O. K., Torshin G. S., Malinina S. V. Topical issues of evacuation of the sick and injured from sea vessels. *Marine Medicine*, 2020, Vol. 6, No. 3, pp. 84–89 (In Russ.)].
9. Тонконог В. В. Применение телемедицинских технологий при оказании медицинской помощи членам экипажа на борту судна // *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*. 2023. № 6. С. 1413–1417 [Tonkonog V. V. The use of telemedicine technologies in providing medical care to crew members on board a ship. *Problems of Social Hygiene, Public Health and History of Medicine*, 2023, No. 6, pp. 1413–1417 (In Russ.)].
10. Battineni S., Chintalapudi N., Ricci G., Amenta F. Exploring the integration of artificial intelligence (AI) and augmented reality (AR) in maritime medicine. *Artificial Intelligence Review*, 2024, 57, Article 100.

## ВЛИЯНИЕ ВЫТЯЖЕНИЯ ПОЗВОНОЧНОГО СТОЛБА НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ОПЕРАТОРОВ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ: РЕТРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

<sup>1</sup>А. В. Седов\*, <sup>2</sup>К. В. Сапожников, <sup>1</sup>С. А. Парфенов, <sup>1</sup>В. В. Соченко

<sup>1</sup>Межрегиональное бюро судебных экспертиз, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

**ВВЕДЕНИЕ.** Операторы морской техники подвержены негативному влиянию длительной сидячей работы, связанной с напряжением опорно-двигательного аппарата. Статическое положение создает постоянную нагрузку на позвоночник, провоцируя боли, нарушение осанки и ухудшение кровоснабжения головного мозга. Для профилактики и устранения указанных проблем коллективом В. С. Костанбаева разработано устройство Гравислайдер-Мини, обеспечивающее щадящее вытяжение позвоночника под воздействием собственного веса пациента. Устройство оснащено специальной кареткой с подголовником, позволяющим удобно расположить голову и исключить травмы. Несмотря на растущий интерес ученых к положительному воздействию подобного метода на организм, изучение его влияния конкретно на операторов морской техники не проводилось.

**ЦЕЛЬ.** Изучить особенности эффекта вытяжения позвоночного столба на функциональное состояние операторов морской техники.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Проведено контролируемое рандомизированное исследование функционального состояния операторов ( $n = 60$ ) морской техники. Использован полипараметрический метод анализа, включающий ЭКГ, стабилometriю, психофизиологию и опросник САН. Операторы морской техники работали на тренажерах 4 ч и были обследованы после смены и утром следующего дня. Основная группа ( $n = 36$ ) подверглась вытяжению позвоночника (Гравислайдер-Мини) в течение 30 мин, контрольная ( $n = 24$ ) — нет.

Статистика обработана на IBM SPSS v23 с применением MANCOVA и ANCOVA. Проверены взаимодействие факторов («Группа» × «Номер исследования») и влияние возраста. Представлены скорректированные возрастные маргинальные средние. Критерий значимости:  $p < 0,05$ .

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** Анализ показал значительное влияние фактора «Группа» на зрительный анализатор ( $V = 0,293$ ;  $F = 4,385$ ;  $p < 0,001$ ) особенно в аспектах аккомодации и остроты зрения ( $\eta^2 = 0,147-0,140$ ;  $p < 0,01$ ). «Возраст» оказался наиболее важным фактором, который объяснял 34,6 % дисперсии и отрицательно влиял на аккомодационный объем и лабильность ( $r < 0$ ;  $\eta^2 = 0,228-0,086$ ;  $p \leq 0,024$ ).

Статокинетические показатели зависят от фактора «Группа» ( $V = 0,224$ ;  $F = 2,020$ ;  $p = 0,071$ ) главным образом через отклонения тела во фронтальной плоскости ( $F = 5,026$ ;  $p = 0,029$ ;  $\eta^2 = 0,084$ ), усиливающиеся после рабочего дня ( $T = 2,508$ ;  $p = 0,015$ ).

Психофизиологические показатели демонстрируют значительные межгрупповые различия ( $V = 0,449$ ;  $F = 3,749$ ;  $p < 0,001$ ), лучшие показатели наблюдаются в группе вытяжения позвоночника ( $\eta^2 = 0,126-0,115$ ;  $p < 0,01$ ). Вариабельность сердечного ритма существенно изменяется под влиянием комбинации номера исследования и группы ( $V = 0,689$ ;  $F = 3,371$ ;  $p < 0,001$ ); ведущую роль играет возраст (58,9 %). Показатели сосудистой системы слабо коррелируют с данными факторами, но выявлены небольшие изменения во фронтальном реографическом индексе ( $F = 5,124$ ;  $p = 0,027$ ;  $\eta^2 = 0,082$ ).

**ОБСУЖДЕНИЕ.** Полученные данные свидетельствуют об улучшении функционального состояния участников, прошедших вытяжение позвоночника: снижено напряжение регуляторных механизмов, повышена активность парасимпатки, уменьшены стресс и ускорено восстановление. Контрольная группа, напротив, показала повышение кортикального возбуждения и ухудшение восстановительных процессов после нагрузок. Исследование подтвердило стабилизацию физиологических показателей после процедуры, улучшение координации и работоспособности. Эти результаты согласуются с предыдущими исследованиями, подчеркивая важность персонализированного подхода к профилактике утомления и повышению производительности труда.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Исследование доказало положительное воздействие мягкого вытяжения позвоночника на функциональное состояние операторов морской техники. Отмечены улучшения статокинетики, баланса мозговых процессов, кровоснабжения лобных долей мозга и показателей сердечно-сосудистой системы. Многомерные статистические мето-

ды исключили возрастные факторы, подтверждая эффективность метода. Исходя из полученных результатов, можно рассматривать вытяжение позвоночника как средство профилактики раннего развития дегенеративно-дистрофических заболеваний и повышения работоспособности специалистов флота.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** морская медицина, операторы морской техники, функциональное состояние, вытяжение позвоночного столба

\*Для корреспонденции: Седов Александр Владимирович, e-mail: ota\_sedoff@mail.ru

\*For correspondence: Aleksandr V. Sedov, e-mail: ota\_sedoff@mail.ru

**Для цитирования:** Седов А. В., Сапожников К. В., Парфенов С. А., Соченко В. В. Влияние вытяжения позвоночного столба на функциональное состояние операторов морской техники: ретроспективное исследование // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 4. С. 105–115, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-105-115>; EDN: <https://elibrary.ru/MKEBYX>

**For citation:** Sedov A. V., Sapozhnikov K. V., Parfenov S. A., Sochenko V. V. Effect of spinal extension on functional status of marine equipment operators: retrospective study // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, No. 4. P. 105–115, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-105-115>; EDN: <https://elibrary.ru/MKEBYX>

## EFFECT OF SPINAL EXTENSION ON FUNCTIONAL STATUS OF MARINE EQUIPMENT OPERATORS: RETROSPECTIVE STUDY

<sup>1</sup>Aleksandr V. Sedov\*, <sup>2</sup>Kirill V. Sapozhnikov, <sup>1</sup>Sergey A. Parfenov, <sup>1</sup>Vitaly V. Sochenko

<sup>1</sup> Interregional Bureau of Forensic Examinations, Saint Petersburg, Russia

<sup>2</sup> Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

**INTRODUCTION.** Marine equipment operators are susceptible to the negative effects of prolonged sedentary work, which can strain the musculoskeletal system. This static position places constant strain on the spine, causing pain, poor posture, and reduced blood flow to the brain. To prevent and address these issues, V. S. Kostenbaev's team developed the Gravislider-Mini device, which provides gentle spinal traction under the patient's own weight. The device is equipped with a special carriage with a headrest, allowing for comfortable head positioning and preventing injury. Despite growing scientific interest in the positive effects of this method on the body, no specific study has been conducted on marine equipment operators.

**OBJECTIVE.** To study the effects of spinal traction on the functional state of marine equipment operators.

**MATERIALS AND METHODS.** A controlled, randomized study of the functional status of marine equipment operators ( $n = 60$ ) was conducted. A multiparametric analysis method was used, including ECG, stabilometry, psychophysiology, and the SAN questionnaire. Marine equipment operators worked on simulators for 4 hours and were examined after their shift and the following morning. The study group ( $n = 36$ ) underwent spinal traction (Gravislider-Mini) for 30 minutes, while the control group ( $n = 24$ ) did not. Statistics were processed using IBM SPSS v23 using MANCOVA and ANCOVA. The interaction of factors ("Group"  $\times$  "Study Number") and the effect of age were examined. Age-adjusted marginal means are presented. Significance criterion:  $p < 0.05$ .

**RESULTS.** The analysis showed a significant influence of the "Group" factor on the visual analyzer ( $V = 0.293$ ;  $F = 4.385$ ;  $p < 0.001$ ), especially in the aspects of accommodation and visual acuity ( $\eta^2 = 0.147$ – $0.140$ ;  $p < 0.01$ ). "Age" turned out to be the most important factor, which explained 34.6% of the variance and negatively affected the accommodative volume and lability ( $r < 0$ ;  $\eta^2 = 0.228$ – $0.086$ ;  $p \leq 0.024$ ). Statokinetic parameters depend on the "Group" factor ( $V = 0.224$ ;  $F = 2.020$ ;  $p = 0.071$ ) mainly through body deviations in the frontal plane ( $F = 5.026$ ;  $p = 0.029$ ;  $\eta^2 = 0.084$ ), which increase after the working day ( $T = 2.508$ ;  $p = 0.015$ ). Psychophysiological parameters demonstrate significant intergroup differences ( $V = 0.449$ ;  $F = 3.749$ ;  $p < 0.001$ ), with the best parameters being observed in the spinal traction group ( $\eta^2 = 0.126$ – $0.115$ ;  $p < 0.01$ ). Heart rate variability changes significantly under the influence of the combination of study number and group ( $V = 0.689$ ;  $F = 3.371$ ;  $p < 0.001$ ); Age plays a leading role (58.9%). Vascular system parameters weakly correlate with these factors, but small changes in the frontal rheographic index were revealed ( $F = 5.124$ ;  $p = 0.027$ ;  $\eta^2 = 0.082$ ).

**DISCUSSION.** The data obtained demonstrate an improvement in the functional state of the participants who underwent spinal traction: decreased tension in regulatory mechanisms, increased parasympathetic activity, reduced stress, and accelerated recovery. The control group, on the other hand, showed increased cortical arousal and impaired recovery processes after exercise. The study confirmed stabilization of physiological parameters after the procedure, improved coordination, and improved performance. These results are consistent with previous studies, emphasizing the importance of a personalized approach to fatigue prevention and improved work performance.

**CONCLUSION.** The study demonstrated the positive impact of gentle spinal traction on the functional status of marine equipment operators. Improvements in statokinetics, brain balance, frontal cerebral blood flow, and cardiovascular parameters were noted. Multivariate statistical methods excluded age-related factors, confirming the method's effectiveness. Based on the obtained results, spinal traction can be considered as a means of preventing the early development of degenerative diseases and improving the performance of naval personnel.

**KEYWORDS:** marine medicine, maritime medicine, marine equipment operators, functional status, spinal traction

**Введение.** Профессиональная деятельность операторов морской техники связана с сидячей работой за пультом. Тяжелая ответственная операторская деятельность, обитаемость корабля, работа коллектива в отрыве от берега – все это неблагоприятно сказывается на функциональном состоянии специалиста, вызывая напряжение адаптационных механизмов [1–4]. Одной из неблагоприятных особенностей операторского труда является необходимость выполнения действий в вынужденной рабочей позе сидя, из-за чего позвоночный столб в время несения смены испытывает статическую нагрузку, неблагоприятно сказывающуюся на его состоянии. Длительная статическая нагрузка на мышцы позвоночника при поддержании вынужденной рабочей позы и обеспечении управляющих движений малой амплитуды приводит к формированию патологических изменений. Это, в свою очередь, может вызвать появление болевых ощущений, чувство тяжести в спине и в отдаленном периоде – развитие дегенеративно-дистрофических изменений в позвоночнике. Кроме того, перераспределение тонуса мышц туловища вызывает изменение конфигурации позвоночного столба и функциональные нарушения осанки. Изменение конфигурации шейного отдела позвоночника может существенно ухудшить кровоток в позвоночной артерии, что негативно скажется на питании головного мозга.

За последние годы коллективом В. С. Костанбаева [5] созданы устройства, позволяющие производить мягкое вытяжение позвоночного столба под действием собственного веса человека и получать ранее недостижимые уровни эффективности и безопасности восстановления структуры позвоночника, что находит применение в лечении, реабилитации и профилактике. Одно из таких устройств – Гравислайдер-Мини (рис. 1). Он имеет наклонные направляющие, на которых установлена каретка с подголовником. При действии на подголовник

веса головы образуется постоянная по перемещению скатывающая сила — сила вытяжения. Подголовник выполнен с выемкой под затылок, с упором под основание черепа и с клиновидным криволинейным пазом под шейей. Он позволяет комфортно и четко располагать голову, имеет контактную поверхность для передачи усилий вытяжения и исключает травматичное контактное воздействие на остистые отростки позвонков шейного отдела позвоночника.

В целом положительный эффект мягкого вытяжения на состояние позвоночного столба и профилактику раннего развития дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника является предметом активного интереса среди исследователей [6–8]. Также проводятся изыскания по изучению влияния тракционного вытяжения позвоночника на вегетативный статус и адаптационно-приспособительные реакции организма [9].

При этом оценку положительного влияния данной процедуры на функциональную надежность у операторов морской техники на текущий момент не проводили. Данное обстоятельство составило актуальность и определило цель настоящего исследования.

**Цель.** Изучить особенности эффекта вытяжения позвоночного столба на функциональное состояние операторов морской техники.

**Материалы и методы.** Дизайн исследования – контролируемое рандомизированное исследование.

Исследование проведено на операторах сенсорного профиля морской техники. Всего проведено 60 обследований. Для анализа функционального состояния (ФС) операторов в соответствии с принципом полипараметрического подхода выбран следующий объем обследований:

- ЭКГ (АПК Полиспектр 8/Е);
- Реоэнцефалография (АПК Валента);
- Простая зрительно-моторная реакция (АПК НС Психотест);
- Реакция выбора (АПК НС Психотест);

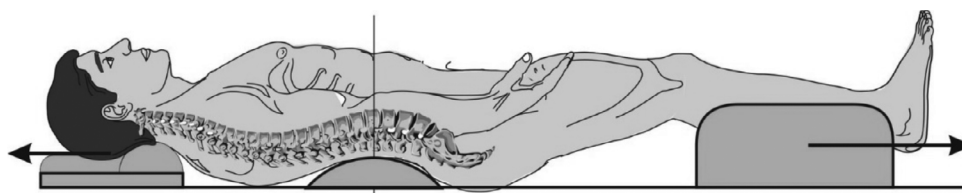


Рис. 1. Гравислайдер-Мини  
Fig. 1. Gravislider Mini



- Реакция на движущийся объект (АПК НС Психотест);
- Критическая частота слияния мельканий (АПК НС Психотест);
- Стабилометрия (АПК Стабилан);
- Рефрактометрия (Авторефрактометр);
- Исследование лабильности и порога эклектической чувствительности органа зрения (Фосфен);
- Исследование аметропии дальней и ближайшей точки (Аккомодометр);
- Исследование остроты зрения (проектор знаков);
- Опросник САН (АПК НС Психотест).

Операторы заступали 4-часовые смены и выполняли стандартные задания за пультами тренажерного комплекса. Сразу после вахты (до приема пищи) всех операторов обследовали в объеме, указанном в таблице. После обследования в основной группе (36 случаев) выполнялось вытяжение позвоночника на аппарате Гравислайдер-Мини в течение 30 мин. В контрольной группе (24 случая) вытяжение не применялось. На следующее утро (до завтрака) обследование повторяли в том же объеме.

Группы операторов состояли из лиц мужского пола, были сопоставимы как по возрасту, так и по профессиональному опыту.

Статистическая обработка полученных данных выполнена в среде IBM SPSS v 23. Шкала анализируемых данных – абсолютная. Для оценки значимости сдвигов ФС операторов с учетом деления на группы выбраны следующие параметры анализа:

1. Внутригрупповой фактор: номер исследования (1 – после вахты, 2 – следующее утро);
2. Межгрупповой фактор: вытяжение позвоночника (1 – выполнено, 2 – не выполнено);
3. Ковариата: возраст, который может оказывать индивидуальное влияние на динамику показателей ФС.

В соответствии с выбранными параметрами обработка проведена при помощи MANCOVA в режиме общей линейной модели с повторными измерениями. В качестве многомерного критерия выбран след Пиллаи ( $V$ ) как наиболее мощный. Для уточнения влияния значимых эффектов факторов и/или ковариаты оценивали результаты ANCOVA и анализа трендов. Величину эффекта оценивали по проценту объясненной дисперсии ( $V$  для MANCOVA и  $\eta^2$  для ANCOVA).

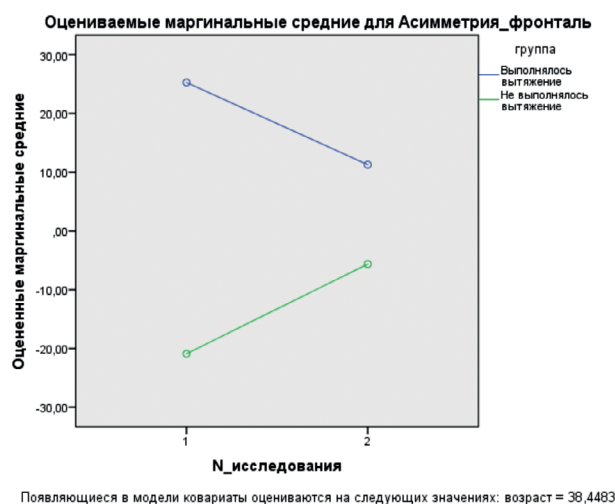
В соответствии с целью исследования был выполнен поиск различий в динамике показателей основной и контрольной групп, что можно установить при выявлении значимого эффекта взаимодействия факторов «Группа» и «Номер исследования». При наличии изолированного эффекта фактора «Номер исследования» можно говорить об идентичной динамике показателей, независимо от наличия или отсутствия вытяжения позвоночника. Если выявлялся эффект только фактора «Группа», то межгрупповые различия по конкретным показателям (до или после) вахты оценивали при помощи  $t$ -критерия Стьюдента.

По результатам MANCOVA рассчитывали маргинальные групповые средние с установлением определенного значения ковариаты «Возраст» для исключения искажений данных, вызванных влиянием возраста испытуемых. При необходимости оценки направленности влияния ковариаты на показатели использовали корреляционный анализ Пирсона.

Допустимость применения MANCOVA оценивали по критерию М-Бокса на равенство ковариационных матриц. ANOVA повторных измерений проведено при необходимости с поправками на отсутствие сферичности (поправки Гринхауза–Гайссера и Хайн–Фельдта по результатам оценки критериев Моучли и Эпсилон). Дисперсии групп сравнивали между собой по критерию Ливиня.

Уровнем значимости, при котором отвергалась нулевая гипотеза, выбран  $p < 0,05$ . При значении  $0,05 \leq p \leq 0,1$  речь идет о статистической тенденции.

**Результаты.** Фактор «Группа» значимо влияет на дисперсию показателей состояния зрительного анализатора, объясняя 29,3 % их дисперсии ( $V = 0,293$ ;  $F = 4,385$ ;  $p < 0,001$ ), однако при сочетании влияния факторов «Номер исследования» и «Группа» достоверность главного эффекта пропадает, что говорит об отсутствии различий межгрупповой динамики. При этом необходимо отметить, что еще больший эффект на показатели оказывает возраст, объясняя 34,6 % дисперсии. Значимые различия между группами выявлены по показателям аккомодации ( $F = 9,844$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta^2 = 0,147$ ) и остроты зрения ( $F = 9,294$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta^2 = 0,140$ ). Различия были как сразу после вахты, так и на следующее утро. Выявлено значимое отрицательное влияние возраста испытуемого на объ-



**Рис. 2.** Межгрупповые различия по показателю «Асимметрия во фронтальной плоскости»

**Fig. 2.** Intergroup differences in the indicator "Asymmetry in the frontal plane"

ем аккомодации ( $F = 16,80$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,228$ ;  $r < 0$ ) и лабильность зрительного анализатора ( $F = 5,38$ ;  $p = 0,024$ ;  $\eta^2 = 0,086$ ;  $r < 0$ ).

Выявлена тенденция к влиянию фактора «Группа» на дисперсию показателей статокINETической функции ( $V = 0,224$ ;  $F = 2,020$ ;  $p = 0,071$ ), а именно: на показатель отклонения тела во фронтальной плоскости ( $F = 5,026$ ;  $p = 0,029$ ;  $\eta^2 = 0,084$ ) (рис. 2). По результатам парного сравнения различия обнаружены только в измерении сразу после вахты ( $T = 2,508$ ;  $p = 0,015$ ), на следующее утро значимых различий не было за счет «сближения» графиков.

Способность к поддержанию равновесия является интегративным свойством человеческого организма и зависит от целого ряда факторов: состояния коры больших полушарий и подкорковых центров центральной нервной системы (ЦНС), вегетативной нервной системы, костно-мышечного аппарата. Из этого следует, что показатели функции равновесия являются индикаторами, чувствительными к колебаниям ФС оператора<sup>1</sup>. Уменьшение разброса значений по фронтальной плоскости у операторов

основной группы отражает снижение колебаний тела и тремора и говорит о более стабильной работе функциональных систем по сравнению с контрольной группой, что является благоприятным маркером [10]. Из этого можно сделать вывод о более благоприятном ФС, наблюдаемом у испытуемых, которым выполнялось вытяжение позвоночника.

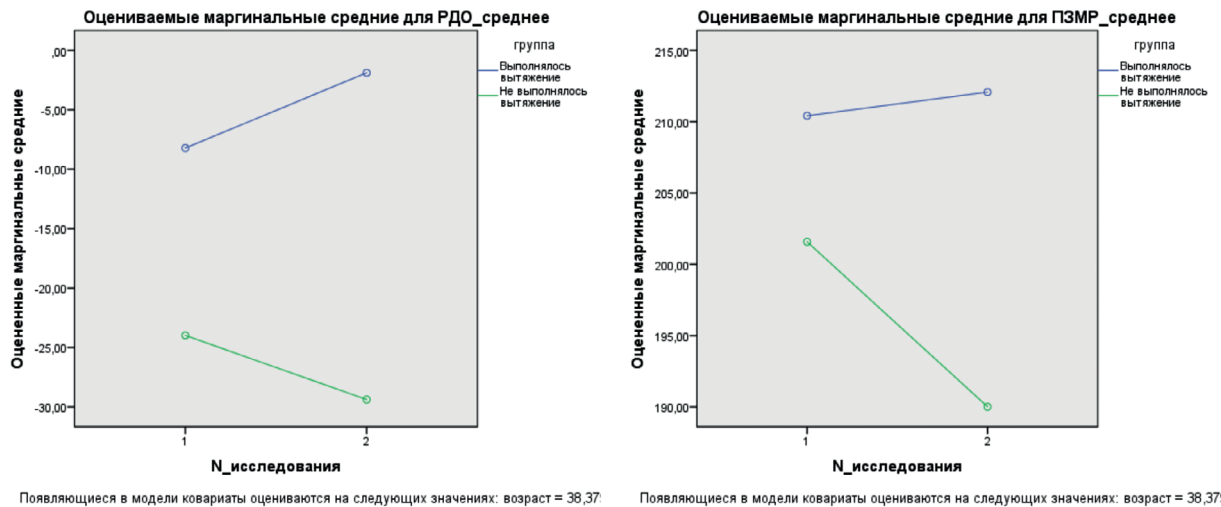
На показатели статокINETической функции, по результатам MANCOVA, весьма значимо влияет возраст, объясняя 29,6 % их дисперсии ( $V = 0,296$ ;  $F = 2,95$ ;  $p = 0,012$ ), с помощью ANCOVA и регрессионного анализа уточнено, что возраст негативно сказывается на качестве функции равновесия ( $F = 18,00$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,247$ ).

По показателям психофизиологического состояния выявлены значимые межгрупповые различия ( $V = 0,449$ ;  $F = 3,749$ ;  $p < 0,001$ ). Влияние группового фактора реализовано в значимых различиях не только по количеству ошибок в реакции выбора, но и по среднему времени реакции на движущийся объект ( $F = 7,900$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta^2 = 0,126$ ) и простой сенсомоторной реакции ( $F = 7,113$ ;  $p = 0,01$ ;  $\eta^2 = 0,115$ ) (рис. 3). Как видно из графиков, в группе, получавшей вытяжение позвоночника, на следующее утро появилась тенденция к замедлению и балансу корковых процессов; у испытуемых контрольной группы, по сравнению с основной, проявилось растормаживание коры полушарий ( $T = 3,081$ ;  $p < 0,01$ ) и сдвиг баланса в сторону возбуждения ( $T = 2,473$ ;  $p = 0,016$ ). Таким образом, имеются косвенные данные об улучшении состояния ЦНС операторов, которым было выполнено вытяжение позвоночника после вахты.

Выявленное растормаживание коры больших полушарий в контрольной группе может говорить о недостаточном восстановлении после ночного сна [10], в то время как в основной группе наблюдается небольшой сдвиг в противоположную сторону. При этом необходимо оговориться, что примерно одинаковые условия работы и опыт операторов, и рандомизация при отборе испытуемых в группе позволяют исключить возможные межгрупповые различия предстартового напряжения [11] и, соответственно, его вклад в различия активации коры головного мозга перед сменой.

По результатам MANOVA выявлено значимое сочетанное влияние факторов «Номер исследования» и «Группа» на дисперсию пула

<sup>1</sup>Методические рекомендации по использованию стабилометрических методов оценки функции равновесия у спортсменов в зимних видах спорта [Электронный ресурс] // ГБУ ЦСП по легкой атлетике [Офис. сайт]. URL: <http://csp-athletics.ru/images/doc/metod/bio-ant/metod-bio-ant02-04.pdf> (дата обращения 06.06.2020).



**Рис. 3.** Различия в динамике показателей реакции на движущийся объект и простой зрительно-моторной реакции в группах

**Fig. 3.** Differences in the dynamics of the RDO and MPMR indicators in the groups

показателей вариабельности сердечного ритма ( $V = 0,689$ ;  $F = 3,371$ ;  $p < 0,001$ ), что превышает таковое у возраста, который объясняет 58,9 % дисперсии, способствуя сдвигу вегетативного баланса в сторону симпатикотонии. Из этого можно сделать вывод о чувствительности показателей для оценки как восстановления ФС операторов после работы за пультом, так и оценки эффективности вытяжения позвоночника.

Выявленные главные эффекты реализованы в дисперсии ряда переменных (см. таблицу). Во всех случаях выявлены линейные тренды (рис. 4–6).

По результатам многомерного MANOVA влияния факторов «Группа» и «Номер исследования» как совместного, так и изолированного, на дисперсию показателей состояния сосудистого русла головного мозга не выявлено. Их дисперсия на 54,7 % объясняется ковариатой «Возраст». По результатам одномерных критериев обнаружен совместный эффект независимых факторов на фронтальный реографический индекс ( $F = 5,124$ ;  $p = 0,027$ ;  $\eta^2 = 0,082$ ) (рис. 7). По динамике данного показателя прослеживается межгрупповое различие в пользу усиления сосудистого тонуса во фронтальной коре в контрольной группе и его более умеренная динамика у испытуемых основной. Тем не менее с учетом сильного влияния возраста и отсутствия подобных изменений со стороны других показателей в данном случае можно говорить лишь о тенденции и косвенных при-

Таблица

**Значимые оценки сочетанного влияния факторов «Номер исследования» и «Группа» на показатели вариабельности сердечного ритма**

Table

**Significant estimates of the combined effect of the factors “Study number” and “Group” on HRV indicators**

Показатель	Значимость
Максимальный RR	$F = 6,5$ ; $p = 0,014$ ; $\eta^2 = 0,102$
RRNN	$F = 9,71$ ; $p < 0,01$ ; $\eta^2 = 0,146$
SDNN	$F = 16,38$ ; $p < 0,001$ ; $\eta^2 = 0,223$
RMSSD	$F = 8,5$ ; $p < 0,01$ ; $\eta^2 = 0,13$
pNN50	$F = 7,95$ ; $p < 0,01$ ; $\eta^2 = 0,122$
TP	$F = 9,81$ ; $p < 0,01$ ; $\eta^2 = 0,147$
VLF	$F = 12,09$ ; $p < 0,001$ ; $\eta^2 = 0,175$
ЧСС	$F = 5,14$ ; $p = 0,027$ ; $\eta^2 = 0,083$
M	$F = 9,92$ ; $p < 0,01$ ; $\eta^2 = 0,148$
Мода	$F = 10,33$ ; $p < 0,01$ ; $\eta^2 = 0,153$
АМо	$F = 7,69$ ; $p = 0,007$ ; $\eta^2 = 0,119$
Ме	$F = 6,81$ ; $p = 0,012$ ; $\eta^2 = 0,107$
BP	$F = 10,42$ ; $p < 0,01$ ; $\eta^2 = 0,155$
ИН	$F = 5,03$ ; $p = 0,029$ ; $\eta^2 = 0,081$
Прирост ЧСС в ортопробе	$F = 17,47$ ; $p < 0,001$ ; $\eta^2 = 0,235$

показателей, и адекватная оценка ФС операторов морской техники возможна только с исключением влияния возраста. Подобная задача

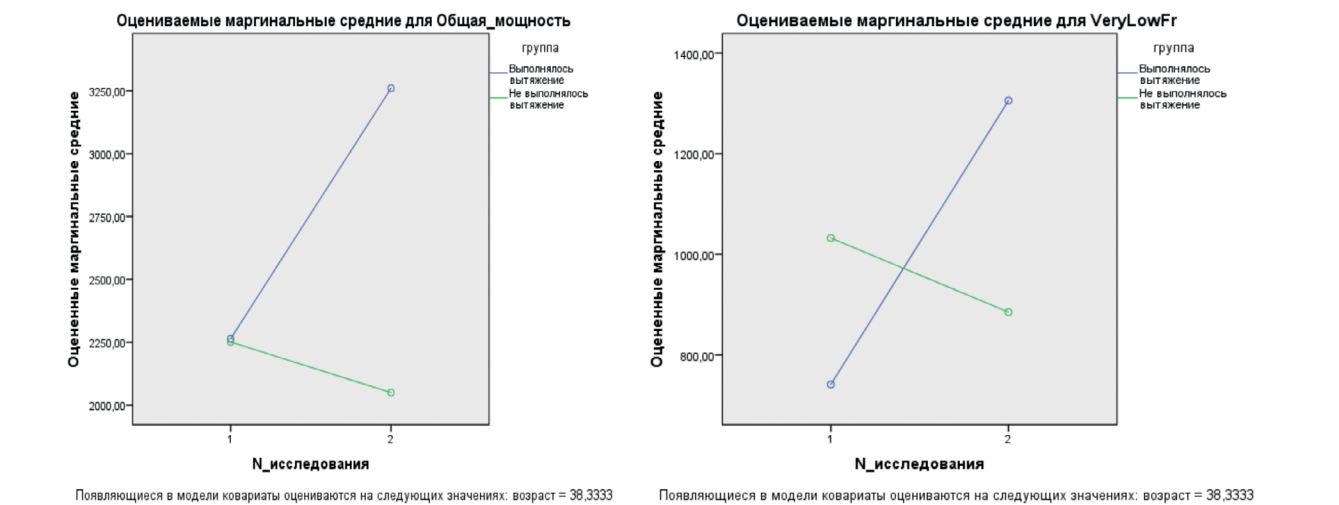


Рис. 4. Динамика показателей спектрального анализа

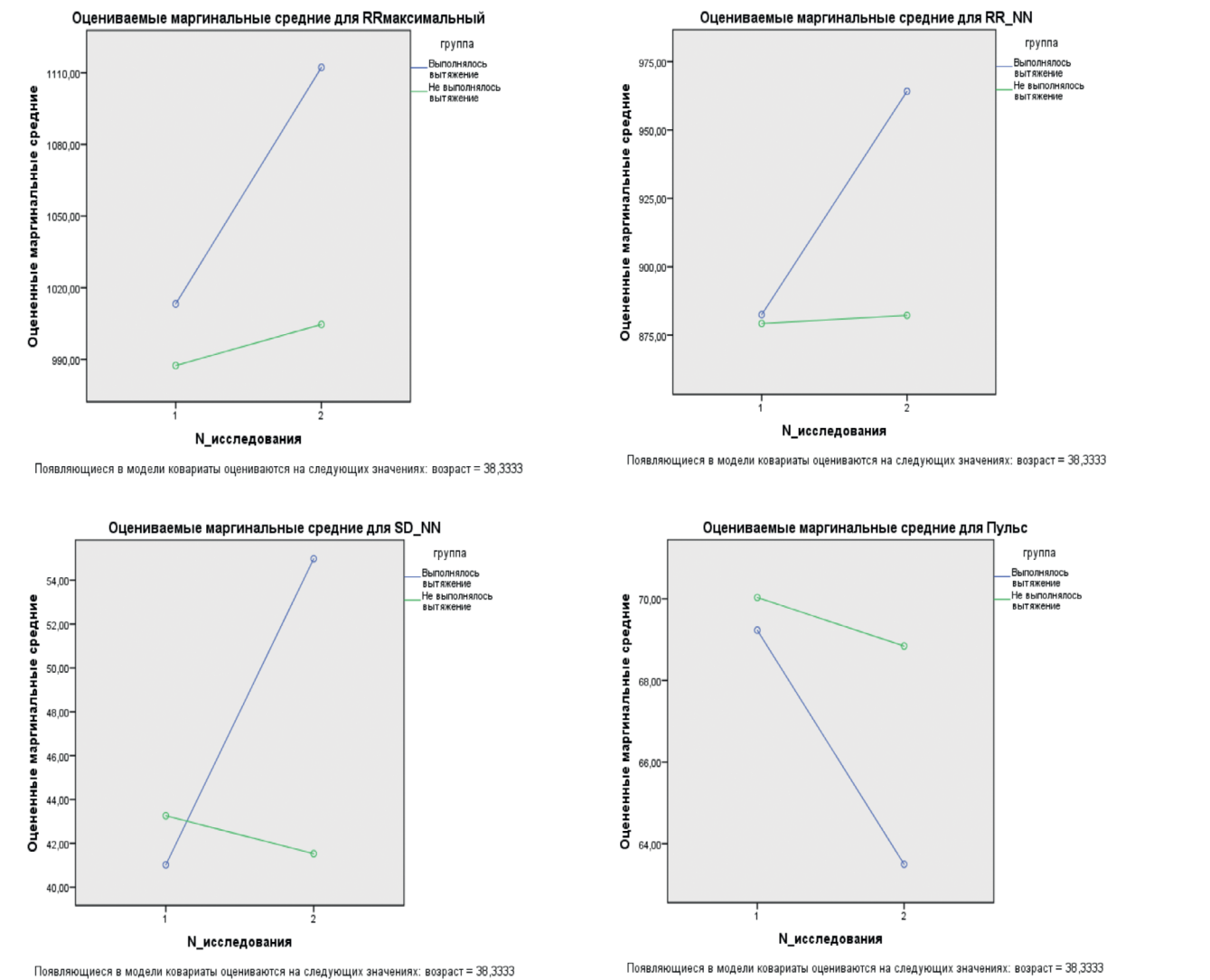
Fig. 4. Dynamics of spectral analysis indicators

не под силу парным критериям.

Итоги проведенного исследования позволяют

рекомендовать применение мягкого вытяжения

позвоночного столба у специалистов оператор-



Оцениваемые маргинальные средние для SD\_NN

N_исследования	Выполнялось вытяжение	Не выполнялось вытяжение
1	41,00	43,00
2	54,00	41,00

Появляющиеся в модели ковариаты оцениваются на следующих значениях: возраст = 38,3333

Оцениваемые маргинальные средние для Пульс

N_исследования	Выполнялось вытяжение	Не выполнялось вытяжение
1	69,00	70,00
2	63,00	69,00

Появляющиеся в модели ковариаты оцениваются на следующих значениях: возраст = 38,3333

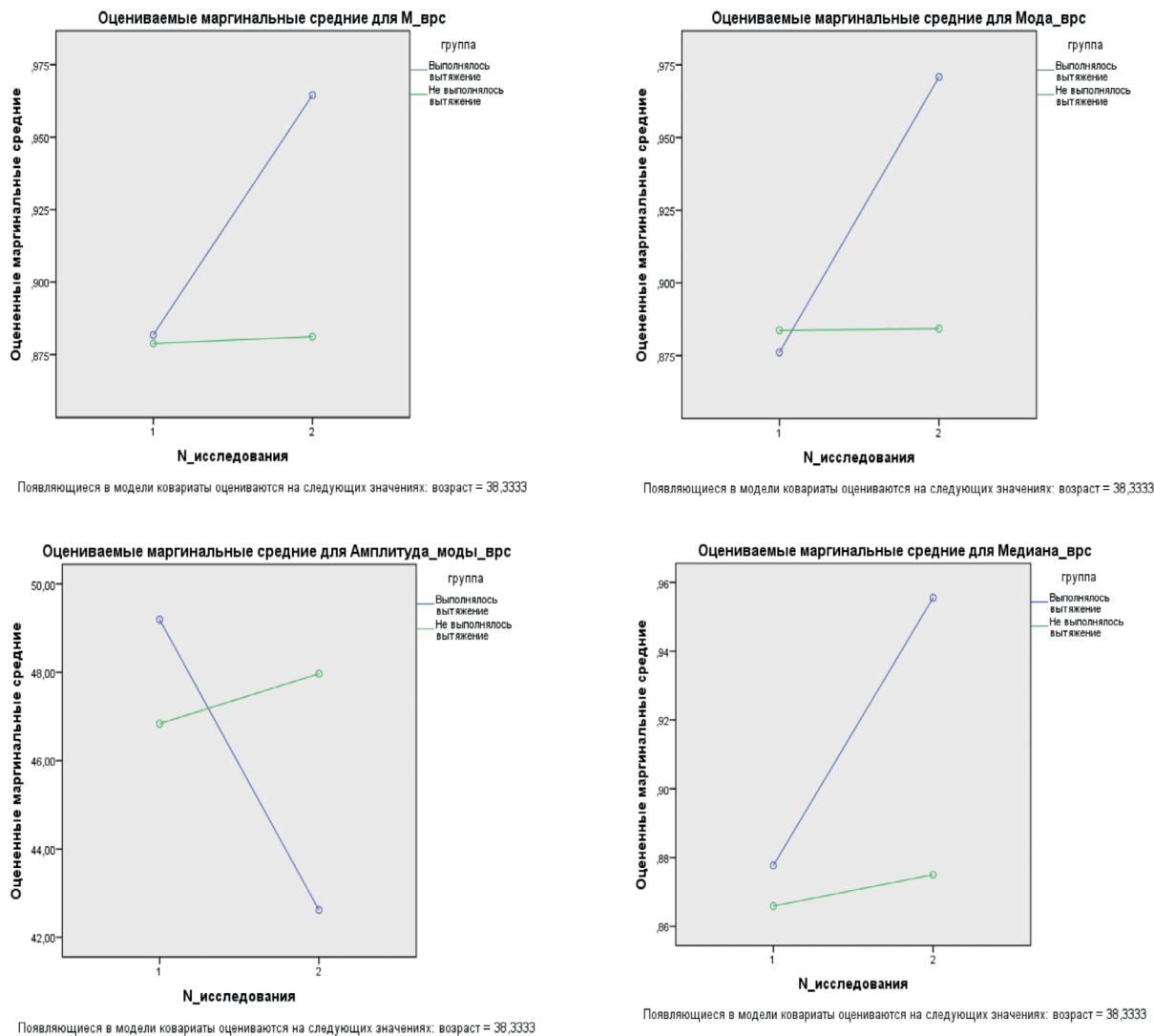


Рис. 5. Динамика статистических показателей в группах  
Fig. 5. Dynamics of statistical indicators in groups

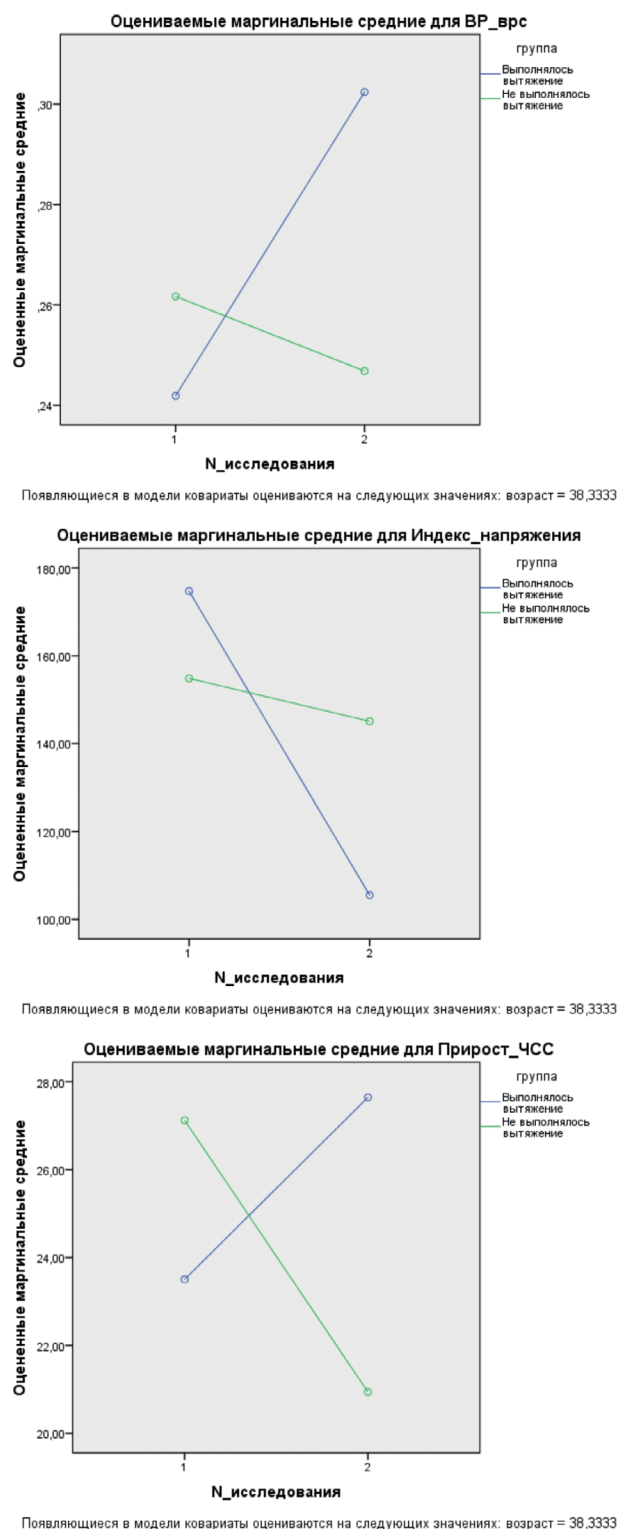
знаках положительного влияния вытяжения позвоночника на состояние сосудистого русла у операторов.

**Обсуждение.** Как видно из рисунков и таблицы, в группах наблюдается значимая динамика по ряду показателей, характеризующих как вегетативный баланс, так и уровень функциональных резервов системы регуляции вариабельности сердечного ритма. Так, в группе исследуемых, которым после вахты выполнили вытяжение позвоночника, на утро выявлено увеличение общей мощности спектра, которое произошло за счет подъема всех компонентов, из которых значительно вырос сверхдлинноволновый компонент. Согласно изменениям статистических показателей, в основной группе на утро имело место увеличение влияния

парасимпатического контура регуляции. О том же говорит и динамика индекса напряжения. В целом можно заключить, что в основной группе наблюдается снижение напряжения процессов регуляции [12]. В контрольной группе динамика либо незначительна, либо противоположная. Следует отметить, что различий по показателям сразу после вахты между группами не было. Таким образом, получены убедительные данные о положительном влиянии вытяжения позвоночника на состояние регуляции вариабельности сердечного ритма.

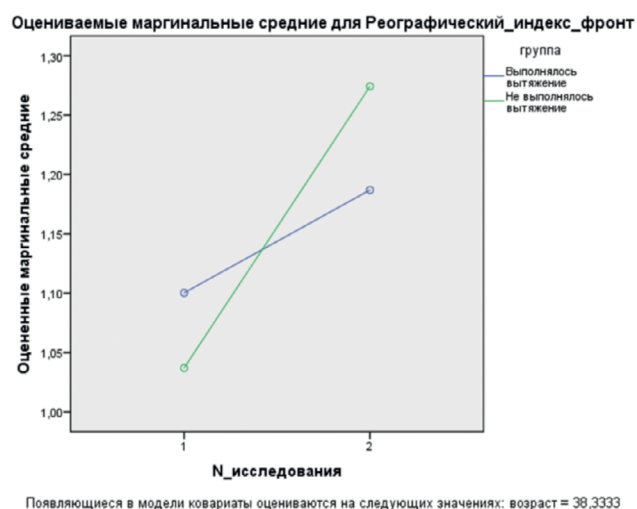
В качестве обобщения результатов проведенного исследования следует отметить, что выявленные сдвиги, различия и тенденции друг другу не противоречат и составляют целостную картину, что является, по мнению





**Рис. 6.** Динамика показателей вегетативного баланса в группах

**Fig. 6.** Dynamics of vegetative balance indicators in groups



**Рис. 7.** Динамика фронтального реографического индекса

**Fig. 7.** Dynamics of the frontal rheographic index

позвоночника, наблюдается положительный сдвиг ФС в сторону уменьшения напряжения регуляторных процессов и активизации адаптационно-трофической функции парасимпатического контура вегетативной нервной системы, из чего следует, что в данной группе можно ожидать более высокой функциональной надежности деятельности.

**Закключение.** Лейтмотивом данного исследования стало подтверждение рабочей гипотезы о том, что мягкое вытяжение позвоночника может способствовать положительным изменениям ФС операторов морской техники. За счет этого функциональная надежность специалиста может увеличиваться, а риск ошибочного действия – снижаться.

По результатам исследования выявлены особенности, которые в совокупности свидетельствуют в пользу положительного влияния вытяжения позвоночника на ФС операторов. Так, обнаружены косвенные данные об улучшении статокINETической функции, баланса корковых процессов и фронтального кровотока и получены убедительные результаты об улучшении состояния ССС при проведении вытяжения позвоночника у операторов после смены.

Необходимо отметить важность применения многомерных методов анализа данных: несмотря на сопоставимость групп по возрасту, последний вносит значительные (хотя и закономерные) искажения практически во все группы

И. А. Сапова и А. С. Солодкова [13], одним из важнейших аспектов в оценке ФС операторов. Так, в группе, получавшей вытяжение

ского профиля после смены не только с целью профилактики раннего развития дегенеративно-дистрофических поражений позвоночника, но и для коррекции их ФС.

#### Сведения об авторах:

**Седов Александр Владимирович** – научный сотрудник, Межрегиональное бюро судебных экспертиз»; Россия, 194044, Санкт-Петербург, Выборгская наб., д. 29, литер А, пом. 17-н, офис 227; ORCID: 0000-0002-1858-6770; e-mail: oma\_sedoff@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: Marinha@rambler.ru

**Парфенов Сергей Александрович** – доктор медицинских наук, старший научный сотрудник Межрегиональное бюро судебных экспертиз; Россия, 194044, Санкт-Петербург, Выборгская наб., д. 29, литер А, пом. 17-н, офис 227; ORCID: 0000-0002-1649-9796; SPIN: 6939-6910; e-mail: sa.parfenov1988@yandex.ru

**Соченко Виталий Викторович** – научный сотрудник, Межрегиональное бюро судебных экспертиз; Россия, 194044, Санкт-Петербург, Выборгская наб., д. 29, литер А; пом. 17-н, офис 227; e-mail: vvsochenko77@mail.ru

#### Information about the authors:

**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

**Kirill V. Sapozhnikov** – Cand. of Sci. (Med.), Lecturer at the Department (Automation of Medical Service Management with Military Medical Statistics), Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0000-0002-2476-7666; e-mail: Marinha@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-h, office 227; ORCID: 0000-0002-1649-9796; SPIN: 6939-6910; e-mail: sa.parfenov1988@yandex.ru

**Vitaly V. Sochenko** – Research Associate, Interregional Bureau of Forensic Examinations; Russia, 194044, Saint Petersburg, Vyborgskaya Embankment, 29, letter A, room 17-h, office 227; e-mail: vvsochenko77@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. Седов, К. В. Сапожников, В. В. Соченко, С. А. Парфенов; сбор и математический анализ данных — К. В. Сапожников, С. А. Парфенов; подготовка рукописи — А. В. Седов, К. В. Сапожников, В. В. Соченко, 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:** AVS, KVS, VVS, SAP contribution to the concept and plan of the study. KVS, SAP contribution to data collection and mathematical analysis. AVS, KVS, VVS, 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: 27.08.2025

Принята к печати/Accepted: 15.12.2025

Опубликована/Published: 30.12.2025

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Ханкевич Ю. Р., Седов А. В., Сапожников К. В., Белов В. Г., Ершов Е. В., Парфенов С. А. Оценка эффективности мероприятий по поддержанию функционального состояния военно-морских специалистов в ходе решения экипажем задач в море по состоянию функций центральной нервной системы // *Актуальные проблемы физической и специальной подготовки силовых структур*. 2016. № 1. С. 171–177 [Khankevich Yu. R., Sedov A. V., Sapozhnikov K. V., Belov V. G., Ershov E. V., Parfenov S. A. Evaluation of the effectiveness of measures to maintain the functional state of naval specialists during the solution of tasks by the crew at sea according to the state of the functions of the central nervous system. *Actual problems of physical and special training of law enforcement agencies*, 2016, No. 1, pp. 171–177 (In Russ.)]. ISSN 2414-0198.
2. Ханкевич Ю. Р., Сапожников К. В., Парфенов С. А., Седов А. В. Оценка эффективности гипоксических тренировок в качестве психофизиологической подготовки подводников // *Морская медицина*. 2016. Т. 2, № 1. С. 57–63 [Khankevich Yu. R., Sapozhnikov K. V., Parfenov S. A., Sedov A. V. Evaluation of the effectiveness of hypoxic training as a psychophysiological training for submariners. *Marine medicine*, 2016, Vol. 2, No. 1, pp. 57–63 (In Russ.)]. ISSN: 2413-5747.
3. Ханкевич Ю. Р., Седов А. В., Сапожников К. В., Белов В. Г., Парфенов Ю. А., Ершов Е. В., Парфенов С. А. Предпосылки создания автоматизированной информационной системы «паспорт здоровья спортсмена» с поддержкой базы данных // *Актуальные проблемы физической и специальной подготовки силовых структур*. 2016. № 1.

- C. 144–149 [Khankevich Yu. R., Sedov A. V., Sapozhnikov K. V., Belov V. G., Parfenov Yu. A., Ershov E. V., Parfenov S. A. Prerequisites for the creation of an automated information system “athlete’s health passport” with database support. *Actual problems of physical and special training of law enforcement agencies*, 2016, No. 1, pp. 144–149 (In Russ.)]. ISSN 2414-0198.
4. Седов А. В., Моисеев Ю. Б., Ханкевич Ю. Р., Рогованов Д. Ю., Блощинский И. А., Сапожников К. В., Порожников П. А., Юрчик Н. В. Методические подходы к обоснованию номенклатуры антропометрических показателей операторов современных АСУ в интересах проектирования рабочих мест морской техники // *Морская медицина*. 2021. Т. 7, № 2. С. 8–14 [Sedov A. V., Moiseev Yu. B., Khankevich Yu. R., Rogovanov D. Yu., Bloshchinsky I. A., Sapozhnikov K. V., Porozhnikov P. A., Yurchik N. V. Methodological approaches to substantiating the nomenclature of anthropometric indicators of operators of modern automated control systems in the interests of designing workplaces for marine equipment // *Marine medicine*, 2021, Vol. 7, No. 2, pp. 8–14 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.22328/2413-5747-2021-7-2-8-14>. EDN UFJZMZ.
5. Костанбаев В. С., Моисеев Ю. Б. Компактные устройства вытяжения позвоночника // *Главный врач Юга России*. 2018. № 2 (60). С. 22–24 [Kostanbaev V. S., Moiseev Yu. B. Compact spinal traction devices. *Chief Physician of the South of Russia*. 2018. No. 2 (60), pp. 22–24 (In Russ.)].
6. Бадалов Н. Г., Бородулина И. В. Подводное вытяжение при дегенеративно-дистрофических заболеваниях позвоночника: достижения и противоречия (обзор литературы) // *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*. 2017. 16 (2). С. 73–79 [Badalov N. G., Borodulina I. V. Underwater traction in degenerative-dystrophic diseases of the spine: achievements and contradictions (literature review). *Physiotherapy, balneology and rehabilitation*, 2017, 16 (2), pp. 73–79 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.18821/1681-3456-2017-16-2-73-79>.
7. Черкасова В. Л., Матушевский П. П., Кирьяков И. М., Чебунина М. В. Вопросы кинезиотерапии и гидрокинезиотерапии в медико-психологической реабилитации летно-подъемного состава // *Клиническая патофизиология*. 2017. № 3. С. 73–76 [Cherkasova V. L., Matushevsky P. P., Kiryakov I. M., Chebunina M. V. Issues of kinesiotherapy and hydrokinesiotherapy and medical and psychological rehabilitation of flight personnel. *Clinical pathophysiology*, 2017, No. 3, pp. 73–76 (In Russ.)].
8. Гиниятуллин Н. И., Гиниятуллин М. Н., Сулейманова В. А. Подводное вытяжение как щадящий метод оздоровления позвоночника // *Медицинский вестник Башкортостана*. 2015. Т. 10, № 5. С. 95–96 [Giniyatullin N. I., Giniyatullin M. N., Suleymanova V. A. Underwater stretching as a gentle method of spinal rehabilitation. *Medical Bulletin of Bashkortostan*, 2015, Vol. 10, No. 5, pp. 95–96 (In Russ.)].
9. Полукова М. В., Горст В. Р., Полунин И. Н., Горст Н. А. Изменение функционального состояния и вегетативного статуса человека при тракционном воздействии на позвоночник // *Современные проблемы науки и образования*. 2017. № 5. С. 34 [Polukova M. V., Gorst V. R., Polunin I. N., Gorst N. A. Changes in the functional state and vegetative status of a person during traction action on the spine. *Modern problems of science and education*, 2017, No. 5, pp. 34 (In Russ.)]. EDN ZQNFSR.
10. Маслов Н. Б., Блощинский И. А., Галушкина Е. А., Рогованов Д. Ю. Концептуальные подходы к оценке функционального состояния специалистов в процессе их профессиональной деятельности // *Экология человека*. 2012. № 4. С. 16–24 [Maslov N. B., Bloshchinsky I. A., Galushkina E. A., Rogovanov D. Yr. Conceptual approaches to assessing the functional state of specialists in the process of their professional activity. *Human ecology*, 2012, No. 4, pp. 16–24 (In Russ.)].
11. Ушаков И. Б., Богомолов А. В., Кукушкин Ю. А. Паттерны функциональных состояний оператора. М.: Наука, 2010. 389 с. [Ushakov I. B., Bogomolov A. V., Kukushkin Yu. A. Patterns of functional states of the operator. Moscow: Nauka; 2010, 389 p. (In Russ.)].
12. Мызников И. Л., Рогованов Д. Ю., Астафьев Е. В., Пичугин В. В. Особенности самооценки состояния и приспособительных реакций у подводников на этапах длительного автономного похода // *Экология человека*. 2003. № 5. С. 33–35 [Myznikov I. L., Rogovanov D. Yr., Astafyev E. V., Pichugin V. V. Features of self-assessment of the condition and adaptive reactions of submariners at the stages of a long autonomous hike. *Human ecology*, 2003, No. 5, pp. 33–35 (In Russ.)].
13. Сапов И. А., Солодков А. С. Состояние функций организма и работоспособность моряков. Л.: Медицина; 1980. 192 с. [Sapov I. A., Solodkov A. S. The state of body functions and the working capacity of sailors. Leningrad: Medicine; 1980, 192 p. (In Russ.)].



## ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ВНЕШНИЕ СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКИЕ ПРИЗНАКИ ХАРАКТЕРА СМЕРТИ ОТ ОБЩЕГО ГЛУБОКОГО ПЕРЕОХЛАЖДЕНИЯ: РЕТРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

<sup>1</sup>А. Ю. Чудаков, <sup>2</sup>Ю. Н. Закревский\*, <sup>2</sup>И. А. Толмачев, <sup>3</sup>С. Де Нат, <sup>2</sup>В. П. Ганапольский

<sup>1</sup>Санкт-Петербургская военная ордена Жукова академия войск национальной гвардии, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup>Мурманский арктический университет, г. Мурманск, Россия

**ЦЕЛЬ.** Провести оценку характера посмертных лиц у трупов людей с признаками смертельной общей холодовой травмы.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Изучены 152 архивных заключения судебно-медицинских экспертов и 357 фотографий погибших от глубокого общего переохлаждения за период с 1983 по 2023 г., обобщена релевантная литература по вопросу посмертных изменений внешности погибшего в судебно-медицинской практике.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** Изучены, проанализированы и раскрыты достоверные внешние посмертные характеристики изменений лица, туловища, конечностей, предсмертные позы погибших от холода: признаки адинамии, потери ориентировки, изменений ногтей при терминальном предсмертном «самозакапывании» в попытке вырыть нору; обветривание, ознобление и отморожения кожи лица; различные характерные гримасы лица с выражением ужаса, удивления, страдания; выявление «парадоксального раздевания»; плотное сжатие губ и тризм нижней челюсти. На основании внешних данных возможно определение состояния человека, предшествующее смерти от холода, скорость охлаждения, продолжительность процесса умирания.

**ОБСУЖДЕНИЕ.** Судорожные гримасы и позы являются проявлением общеспастического синдрома, который быстро развивается во время смерти человека в экстремальных физических условиях, сопровождающихся сильными эмоциями и значительными мышечными спазмами и судорогами при остром глубоком случайном переохлаждении.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Результаты проведенного исследования позволяют расширить диагностический комплекс смертельной общей холодовой травмы за счет дополнительной группы признаков, связанной с оценкой посмертных внешних изменений лица, туловища и конечностей у погибших.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** морская медицина, холодовая травма, акцидентальная гипотермия, общее глубокое переохлаждение, судебно-медицинская экспертиза

\*Для корреспонденции: Закревский Юрий Николаевич, e-mail: [zakrev.sever@bk.ru](mailto:zakrev.sever@bk.ru)

\*For correspondence: Yuriy N. Zakrevsky, e-mail: [zakrev.sever@bk.ru](mailto:zakrev.sever@bk.ru)

**Для цитирования:** Чудаков А. Ю., Закревский Ю. Н., Толмачев И. А., Де Нат С., Ганапольский В. П. Ориентировочные внешние судебно-медицинские признаки характера смерти от общего глубокого переохлаждения: ретроспективное исследование // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 4. С. 116–124.

doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-116-124>; EDN: <https://elibrary.ru/EKARAG>

**For citation:** Chudakov A. Yu., Zakrevsky Yu. N., Tolmachev I. A., De Nat S., Ganapolsky V. P. Approximate external forensic signs of death from generalized profound hypothermia: retrospective study // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, No. 4. P. 116–124. doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-116-124>; EDN: <https://elibrary.ru/EKARAG>

---

© Авторы, 2025. 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>

## APPROXIMATE EXTERNAL FORENSIC SIGNS OF DEATH FROM GENERALIZED PROFOUND HYPOTHERMIA: RESTROSPECTIVE STUDY

<sup>1</sup>Alexandr Yu. Chudakov, <sup>2</sup>Yuriy N. Zakrevsky\*, <sup>2</sup>Igor A. Tolmachev, <sup>3</sup>Somendra De Nat,  
<sup>2</sup>Vyacheslav P. Ganapolsky

<sup>1</sup>Saint Petersburg Military Order of Zhukov Academy of the National Guard Troops,  
Saint Petersburg, Russia

<sup>2</sup>Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

<sup>3</sup>Murmansk Arctic University, Murmansk, Russia

**OBJECTIVE.** To evaluate the nature of postmortem facial features in the corpses of people with signs of fatal general cold injury.

**MATERIALS AND METHODS.** 152 archival reports of forensic experts and 357 photographs of people who died from severe general hypothermia for the period from 1983 to 2023 were studied, and relevant literature on the issue of posthumous changes in the appearance of the deceased in forensic practice was summarized.

**RESULTS.** The authors studied, analyzed, and disclosed reliable external postmortem characteristics of changes in the face, torso, limbs, and death postures of those who died from cold: signs of adynamia, disorientation, changes in the nails during terminal premortem “self-burial” in an attempt to dig a hole; chapping, chills, and frostbite of the facial skin; various characteristic facial grimaces with an expression of horror, surprise, and suffering; detection of “paradoxical undressing”; tightly compressed lips and trismus of the lower jaw. Based on external data, it is possible to determine a person’s condition preceding death from cold, the rate of cooling, and the duration of the dying process.

**DISCUSSION.** Convulsive grimaces and postures are a manifestation of a general spastic syndrome that rapidly develops during the death of a person in extreme physical conditions, accompanied by strong emotions and significant muscle spasms and cramps during acute deep accidental hypothermia.

**CONCLUSION.** The study results allow us to expand the diagnostic complex of fatal general cold injury due to an additional group of signs associated with the assessment of postmortem external changes in the face, torso and limbs of the deceased.

**KEYWORDS:** marine medicine, maritime medicine, cold injury, accidental hypothermia, generalized profound hypothermia, forensic examination

**Введение.** Несмотря на довольно большую частоту повсеместной встречаемости и на длительную историю изучения трупов людей, погибших от общего акцидентального переохлаждения, диагностика данного вида смерти все еще весьма неоднозначна и представляет во многих случаях большое затруднение. Даже в больших современных городах с развитой системой скорой и неотложной медицинской помощи, при большом количестве сотрудников правоохранительных органов, многолюдных освещенных улицах наблюдается значительное распространение смерти от случайной гипотермии и не только в холодное время года.

Смерть от общего переохлаждения, которую регистрировали и в дореволюционной России, Советском Союзе, Российской Федерации регулярно почти повсеместно, составляла в среднем 2,5–4,5 % ко всей насильственной смертности [1]. По данным С. А. Тумасова, смерть от общего переохлаждения на Камчатке наступала одинаково часто как в населенных пунктах, так и вне их<sup>1</sup>. По данным Б. А. Аптэра, смертность от общего переохлаждения в некоторых областях Совет-

ского Союза: в Мурманской области и Мурманске (1955–1957) составляла 2,8 %; в Коми АССР (1966–1967) – 3,6 %; в Свердловске (1966–1970) – 3,3 %; в Челябинской области и Челябинске (1965–1969) – 2,4 %; в Пермской области и Перми (1966–1970) – 3,6 % и 2,7 % соответственно; в Удмуртской АССР, в том числе в Ижевске (1965–1969) – 4,05 % и 3,1 % соответственно [1, 2]. По данным А. Ю. Чудакова, в Санкт-Петербурге в 1984–1996 гг. смерть от общего переохлаждения не являлась редкостью и оставляла в эти годы от 2,5 % до 5,6 % [3, 4].

В других странах смерть от общего переохлаждения нередко встречается у бедных слоев населения, особенно в теплых странах при возникновении аномальных холодов<sup>2</sup>. В первую очередь погибают лица без определенного места жительства, голодные, истощенные, полураздетые, не имеющие возможности защититься от непривычного холода, старики и дети. Юридически, с правовой точки зрения, смерть от общего переохлаждения, как правило, является несчастным случаем<sup>2</sup>. Имеются редкие

<sup>1</sup>Тумасов С. А. Смерть от охлаждения на Камчатке: Автореф. дис... канд. мед. наук. Л., 1974. 21 с.

<sup>2</sup>Райский М. И. К учению о распознавании смерти от холода. Автореф. дис. на степень доктора медицины пом. профессора при кафедре судебной медицины Томского университета. Томск, 1907. 27 с.

литературные сообщения о случаях самоубийства путем общего переохлаждения [2, 3]. Понятие «убийство путем общего переохлаждения» обычно применимо к новорожденным нежеланным детям при оставлении их без теплой одежды на балконе, в неотапливаемых помещениях, на сквозняке в холодное время года (без помощи и надлежащего ухода) или вывезенных за город и брошенных в лесу на произвол судьбы [2–4].

**Цель.** Оценить характер посмертных внешних изменений у трупов людей с признаками смертельной общей холодовой травмы.

**Материалы и методы.** Проведен анализ архивных заключений судебно-медицинских экспертов в отношении трупов людей, умерших от переохлаждения на суше (152 наблюдения), фотоархива (357 фотографий); обобщена релевантная литература по вопросу посмертных изменений признаков внешности погибшего в судебно-медицинской практике; аспектный и дескриптивный методы.

**Результаты.** Изучены, проанализированы и раскрыты внешние посмертные признаки изменений лица, туловища, конечностей, предсмертных поз погибших от холода. Поведение погибших от холода случайные свидетели характеризовали по-разному: некоторые пострадавшие сразу впадали в сонное, а затем коматозное состояние, были крайне ослаблены, не способны стоять и самостоятельно передвигаться. При замерзании они становились вялыми, адинамичными, потерявшими ориентировку. Их речь замедлялась, становилась скандированной (язык «цеплялся» за зубы), нарушалась артикуляция. Другие пострадавшие вели себя неадекватно, буйствовали (холодовое опьянение), кричали, хватали руками горящие головешки из костра, не чувствуя боли (холодовая анестезия и холодовая аналгезия). Наблюдалась холодовая жажда (жадно глотали ледяную воду, в том числе и морскую, ели снег и лед), у некоторых отмечено учащение мочеиспускания (холодовой диурез, поллакиурия). Некоторые погибшие от общего переохлаждения перед смертью пытались зарыться в снег, опавшие листья, траву как и многие гомойотермные животные, роющие норы перед тем, как впасть в зимнюю спячку. Видимо, в последние минуты жизни у человека включаются древнейшие филогенетические подкорковые рефлексy спасения жизни, он возвращается

к «своим эволюционным корням» и, становясь подобным животному, роет нору. Это так называемое «терминальное копанье» и оно происходит за несколько минут до полной потери сознания, сопора, комы и смерти. Терминальное копанье или предсмертное «самозакапывание» (pre-terminal burrowing) – древняя защитная реакция животных – попытка вырыть нору или забраться в укромное место, спрятаться от холода<sup>3</sup>. Поэтому у некоторых погибших наблюдаются повреждения ногтей и кожи на кистях рук от рытья холодной (смерзшейся) земли, а также ссадины на коленях, локтях, кистях рук [4–6].

Во многих случаях трупы обнаруживали случайно в безлюдных местах (на обочинах дорог, в канавах, под заборами, в заброшенных помещениях и подвалах, на чердаках, в кустах, лужах, частично или полностью в воде и т. д., и т. п.), поэтому их поведение перед смертью никто описать не мог [6, 7]. Неоднократно обнаруживали погибших от холода совершенно трезвых людей (спортсмены-лыжники, военнослужащие, охотники, геологи, туристы, дети и др.) совершенно или частично раздетых. Это так называемое «парадоксальное раздевание» – явление, которое часто сопровождает случаи смерти от общего переохлаждения. Незадолго до смерти человек снимает с себя всю одежду, как будто его охватывает невыносимый жар. По этой причине трупы погибших от гипотермии людей иногда находят полностью или частично раздетыми, а полиция путает их с жертвами жестоких преступлений (ограблением, изнасилованием). Вещи погибших могут быть аккуратно сложены в «армейскую укладку», а иногда одежда разбросана рядом с местом происшествия или по ходу движения, формируя след (по ходу тропинки, лыжни). Причиной такого «парадоксального раздевания» служит не алкогольное опьянение, а вызванное общей гипотермией в терминальной стадии расширение периферических сосудов, что дает ложное ощущение тепла, прилива жара. Замерзающие принимают позу «сжежившегося» человека, свернувшегося «калачиком», позу «эмбриона», позу «зябнущего», наступает сопор и кома, вы-

<sup>3</sup>Чудаков А. Ю. Механизмы повреждающего действия общего переохлаждения на организм человека и судебно-медицинская оценка признаков смерти от холода. Дис... д-ра мед. наук. СПб. ВМА им. С. М. Кирова. 2000. 429 с.

званные «холодовым опьянением», люди постепенно засыпают вечным сном, не чувствуя боли. Это эволюционно выработанная защита от мучений, так как, если предстоит погибнуть от холода, то хотя бы безболезненно (в спортивной медицине для холодовой анестезии орошают место повреждения хлорэтилом, при травмах для уменьшения боли прикладывают холод к месту повреждения).

Симптомы и признаки смерти от общего переохлаждения описаны многими авторами [7, 8]. Мы же остановимся на ориентировочном судебно-медицинском признаке – выражении лица трупа, «личине», мимике, гримасе покойников при наступлении смерти от общего переохлаждения на суше (на воздухе) или при комбиниро-

ванном виде с предшествующим намоканием в воде и последующем охлаждении на суше, который может косвенно свидетельствовать о характере предсмертного поведения и состоянии человека, а также об обстоятельствах смерти.

При обнаружении трупов и осмотре лица погибших от холода в зимнее время иногда (4–6 %) отмечают сосульки и льдинки у отверстий рта и носа, в уголках глаз, в усах и бороде. Также в ресницах, бровях, челке, на шарфе и воротнике одежды наблюдают иней. Этот признак (Райского и Нижегородцева), свидетельствует, что замерзающий человек дышал перед смертью [3, 9]. Ледяные корочки (комочки), замерзшие выделения (слезы, носовая слизь), пот, снег и иней на ресницах, в окружности наружных слуховых проходов, у мочеиспускательного канала, в карманах одежды, складках шапок, носках, портянках, обуви и других соответствующих местах образуются прижизненно. Эти оледеневшие следы можно обнаружить и при поступлении трупов в морг при быстрой доставке в холодное время года, но обычно они оттаивают (при плюсовой температуре в транспорте) или исчезают в результате механического воздействия при транспортировке.

Во вьюжную, ветреную погоду при очень низкой температуре у трупов, находящихся на открытом воздухе, твердые снежинки и льдинки повреждают кожные покровы открытых областей тела (нами наблюдались редко – у 4,1 %). После оттаивания в теплом помещении поврежденные участки подсыхают, приобретают коричневую окраску – «пергаментные пятна» – и ошибочно могут быть приняты за прижизненные ссадины, нанесенные ногтями или твердыми предметами [8] (рис. 1).

Иногда поблизости от места обнаружения трупа, возле трупа или на его одежде (или лице) обнаруживались рвотные массы. Поскольку при смерти от общего переохлаждения происходит угнетение центров (дыхательного, сосудодвигательного, рвотного), то, по нашим данным, рвота обычно не наблюдалась. Полагаем, что рвота происходила у потерпевших еще до развития «холодового опьянения» и глубокого общего переохлаждения, обычно у лиц в состоянии сильного алкогольного опьянения или, возможно, при других патологических состояниях, предшествующих смерти (черепно-мозговая травма, тупая травма живота, отравление суррогатами алкоголя и т. п.).



**Рис. 1.** Смерть мужчины 32 лет от гипотермии на воздухе после сильного физического переутомления. Трезвый. Гримаса удивления и изнеможения. Широкие морщины на лбу. Глаза полуоткрыты, зрачки сужены. Рот слегка приоткрыт, зубы видны. Ознобление кожи верхней губы, спинки носа, подбородка. Отморожение губ I и II степени. Мелкие ссадины на лице – «пергаментные пятна» – повреждения от пурги и снежных зарядов, а также после падения лицом в снег

**Fig. 1.** Death of a 32-year-old man from hypothermia in the open air after severe physical exhaustion. Sober. A grimace of surprise and exhaustion. Wide wrinkles on the forehead. Eyes half-open, pupils constricted. Mouth slightly open, teeth visible. Chilblains of the skin of the upper lip, bridge of the nose, chin. Frostbite of the lips of the first and second degree. Small abrasions on the face – “parchment spots” (damage from a blizzard and snow charges), as well as from falling face down in the snow

Часто можно отметить обветривание, ознобление и отморожения кожи лица, особенно выступающих частей (нос, скулы, губы, уши). Иногда наблюдали размягчение глазных яблок. При смерти от холода в состоянии сильного алкогольного опьянения почти в 100 % случаев отмечали расширение зрачков. При смерти в трезвом состоянии почти в 100 % случаев наблюдали сужение зрачков [9, 10].

Еще отец медицины Гиппократ описал признаки (изменения мимики), которые проявляются на лице человека в момент умирания и остаются после его смерти – так называемая «маска Гиппократа». Гиппократ отмечал, что у умирающих перед смертью отмечались заострение черт лица, в первую очередь носа, некоторая впалость щек и глаз, вдавление висков, которые сохранялись после смерти. Мочки ушей начинали необычно оттопыриваться.

При смерти от холода тоже происходят нарушения мимики и изменения выражения лица (grimаса), которые фиксируются трупным окоченением, а затем, при отрицательных температурах, и оледенением [10, 11]. Так, при редких нехарактерных позах у погибших от глубокой быстрой гипотермии (в ледяной воде или на суше, но с предварительным намоканием), например, при «судорожной» позе, отмечалось и соответствующее «судорожное выражение лица» – насильственная grimаса, лицо, искаженное судорогой, страхом, муками, интенсивной болью и страданием. Наблюдали страдальческие лица, сморщившиеся от интенсивной боли, у погибших от холода после сильного физического переутомления (рис. 1, 2). Иногда появлялись grimаса злости, печали, удивления и т. п.

Острая гипотермия вызывала различные необратимые сокращения мимических мышц лица, блефароспазм или, наоборот, широко открытые (выпученные) глаза, энтофтальм или экзофтальм, приоткрытый рот в страдальческой «улыбке» (застывшем крике) или, наоборот, сильно сжатые зубы, губы и т. п. Это могло быть связано как с холодовым спазмом (сокращением) лицевых мимических мышц, так и с дисфункцией в мозговых центрах, ответственных за контроль над движениями и выражениями мимических мышц лица.

Примерно в трети (32,9 %) случаев наблюдали сильно выраженное трупное окоченение жевательной мускулатуры – тризм (один из при-

знаков Пупарева), т. е. необыкновенно плотное сжатие рта (губы плотно сомкнуты). Эти маски смерти у погибших от холода фиксируются на трупах мышечным окоченением и затем наступающим оледенением при отрицательных температурах [12].

Позам «мерзнущего», «озябшего» или «спящего» человека часто соответствовало спокойное, расслабленное, умиротворенное, отсутствующее, сонное, безмятежное лицо (см. рис. 2).

Подобные позы и grimасы встречаются практически с равной частотой как у лиц в алкоголь-



**Рис. 2.** Мужчина 30 лет. Отрешенное, сонное лицо погибшего от переохлаждения в состоянии алкогольного опьянения средней степени при температуре  $-32^{\circ}\text{C}$ . Глаза закрыты, энтофтальм.

Мимические мышцы расслаблены. Лицо как бы немного вытянуто. Рот слегка расслабленно приоткрыт. Погибший заснул и умер от холода, не осознав произошедшее, без борьбы, не успев понять, что умирает. Оледеневшие корочки в уголках глаз, в носовых ходах, в бровях, в волосах, в складках кожи на шее.

Отморожение кончика носа

**Fig. 2.** A 30-year-old man. The “detached”, “sleepy” face of a person who died from hypothermia in a state of moderate alcohol intoxication, at a temperature of  $-32^{\circ}\text{C}$ . The eyes are closed, enophthalmos. The facial muscles are relaxed. The face is slightly elongated. The mouth is slightly relaxed and open. The deceased fell asleep and died of cold, not realizing what had happened, without a fight, not having time to understand that he was dying. Frozen crusts in the corners of the eyes, in the nasal passages, in the eyebrows, in the hair, in the folds of skin on the neck.

Frostbite of the tip of the nose

ном опьянении легкой или средней степени, так и у трезвых. Эти наблюдаемые нами маски смерти (личины, гримасы) были зафиксированы быстро наступавшим мышечным окоченением и последующим промерзанием трупa. Мимические мышцы лица непосредственно перед смертью чаще были расслаблены, о чем свидетельствует отсутствие морщин и гладкость кожи. Лица в этих случаях перед смертью приобретали симметрию. Уголки рта могли быть опущены, рот расслабленно приоткрыт, а голова запрокинута из-за расслабления затылочных мышц и мышц шеи. Глаза могут быть или открыты, или веки расслабленно опущены. У трезвых, погибших от общего переохлаждения, зрачки почти всегда были сужены, у лиц в алкогольном опьянении зрачки почти всегда были расширены.

**Обсуждение.** Стойкая судорожная гримаса создает впечатление оскалившейся в злобном, саркастическом смехе маски, которая возникла на лице от чувства сильной боли, предшествовавшей смерти. Из-за судорожного сокращения мимической мускулатуры уголки рта у трупa оттянуты назад и книзу, что образует радиальные морщины из складок кожи, брови и крылья носа приподнимаются, при этом зубы, челюсти и губы крепко сжаты. В некоторых случаях рот судорожно приоткрыт или даже открыт в предсмертном крике от ужаса и физической боли. Судорожное выражение лица может свидетельствовать и о возможной асфиксии, при которой наступает судорожное сокращение отдельных мышц лица и шеи при чувстве нехватки воздуха. Эта судорожная реакция несколько растянута во времени и указывает, что смерть произошла не внезапно. Гримаса ужаса (страха) на лице может свидетельствовать и о состоянии, когда погибающий ожидал что-то очень исключительно пагубное для него, например, физическую боль или другие крайне неприятные события, которые он не в состоянии был предотвратить. Эта гримаса характеризуется короткими морщинами на лбу, чаще в области переносицы. Глаза широко раскрыты и напряжены (особенно напряжено нижнее веко), сверху видна белая склера. Рот раскрыт, часто бесформенно искажен (перекошен), губы сильно напряжены и как бы оттянуты назад.

Посмертная гримаса гнева (злобы, злости) у трупa характеризуется сдвинутыми бровями, между которыми видны вертикальные

складки, внешние края бровей могут быть приподняты, лоб без морщин. Глаза сужены от злости. Веки могут быть опущены. Губы и челюсти плотно напряженно сжаты, рот закрыт. Но иногда в гримасе злобы рот может быть приоткрыт и видны оскаленные зубы. Удивленное выражение маски смерти от холода – это реакция, развившаяся очень быстро (почти моментально, внезапно). В этой ситуации у погибшего не было времени на размышления, поэтому удивление и зафиксировано на лице. Характерны для этой маски широкие морщины на лбу (через весь лоб), широко раскрытые и даже выпученные глаза (над радужной оболочкой часто видна белая полоска склеры), вздернутые вверх брови, удивленно приоткрытый рот.

Гримаса отрешения, покоя, сна и безмятежности характеризуется расслаблением мимических мышц. Морщины (особенно на лбу) отсутствуют, кожа разглажена. Мышцы лица в состоянии «покоя». Рот может быть расслабленно (безвольно) приоткрыт. Гримаса отвращения проявляется на трупe опущенными бровями, отсутствием морщин на лбу (гладкий лоб), но морщинами на брезгливо напряженном носу. Глаза почти закрыты, сужены или птоз век. Рот открыт (полуоткрыт), как при тошноте или рвоте, язык может быть высунут, уголки губ опущены, морщины на щеках и на носу (нос может быть напряжен). При посмертной маске отвращения могут быть следы рвотных масс на лице, груди, одежде и вокруг трупa.

Судорожные позы, и как их проявления – судорожные гримасы, являются частью общеспастического синдрома, который быстро развивается при смерти человека в экстремальных физических условиях, сопровождающихся бурными эмоциями и сильными мышечными спазмами (судорогами), например, при остром глубоком случайном переохлаждении. Судороги могут затрагивать все мышцы тела, но чаще только отдельные группы мышц, например, мышцы шеи, спины и поясницы, что приводит к опистотону. Судорожные позы (спазмы мышц), вычурное положение тела можно наблюдать у трупов людей, которые быстро утонули в ледяной воде. Иногда в их зажатых руках или в плотно сжатых зубах можно найти водоросли, ветки, веревки, предметы одежды и пр., что свидетельствует о том, что в момент погружения в воду человек был жив. Предсмертные судороги и спазмы мышц важны

для судебно-медицинской экспертизы, так как часто отражают последнее действие, совершенное человеком перед смертью.

Развитие гримасы отрешения, покоя, сна и безмятежности наблюдали у трупов людей погибших от холода в течение первых часов (первые 3–4 часа) после смерти, особенно при умеренном охлаждении, когда тело еще находилось в первичном полном расслабленном состоянии, т. е. в состоянии «первичной вялости». Суставы тела были гибкими, мышцы на ощупь – мягкими, веки расслаблены (потерявшие напряжение), глаза могли быть открытыми или, наоборот, возникал птоз, зрачки у трезвых сужались, у пьяных расширялись, челюсть могла отвиснуть, рот приоткрывался. При потере напряжения в мышцах кожа обвисала, что приводило к тому, что выдающиеся суставы и кости тела, такие как челюсть или бедра, становились более выраженными. Мимические мышцы расслаблялись, лицо становилось симметричным.

**Заключение.** К настоящему времени достигнут значительный прогресс в изучении процес-

са умирания человека и анализе посмертных изменений, разработаны и внедрены новые методы исследования. Тем не менее остается дефицит диагностически значимых признаков, некоторые из предлагаемых методов исследования сложны, для их применения необходимо специальное оснащение, которое не всегда имеется в судебно-медицинских подразделениях. Результаты проведенного исследования позволяют расширить диагностический комплекс смертельной общей холодовой травмы за счет дополнительной группы признаков, связанной с оценкой посмертных личин у трупов. При анализе так называемой «маски смерти» возможно косвенно определить предшествующее смерти от холода состояние человека, скорость охлаждения, продолжительность процесса умирания и причину смерти. На современном этапе развития судебной медицины не существует стандартов оценки данной группы признаков, сохраняется субъективизм, однако как дополнительная система признаков она имеет право на существование с перспективой совершенствования.

#### Сведения об авторах:

*Чудаков Александр Юрьевич* – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры управления повседневной деятельностью, Санкт-Петербургская военная ордена Жукова академия войск национальной гвардии Российской Федерации; Россия, 198206, Санкт-Петербург, ул. Летчика Пилотова, д. 1; ORCID: 0000-0003-3443-7908; SPIN: 2822-8027; e-mail: chief.chudakow@yandex.ru

*Закревский Юрий Николаевич* – доктор медицинских наук, заведующий кафедрой нормальной физиологии, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; профессор кафедры клинической медицины Мурманского арктического университета; Россия, 183010, ул. Спортивная, д. 13; SPIN: 6283-8010; ORCID: 0000-0003-4195-373x; e-mail: Zakrev.sever@bk.ru

*Толмачев Игорь Анатольевич* – доктор медицинских наук, профессор, полковник медицинской службы запаса, член-корреспондент РАЕН, заведующий кафедрой судебной медицины, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; SPIN: 6283-8010; ORCID: 0000-0003-4195-373x

*Сомендра Де Нат* – преподаватель кафедры клинической медицины, Мурманский арктический университет, Россия, 183038, г. Мурманск, ул. Коммуны, 9

*Гананольский Вячеслав Павлович* – доктор медицинских наук, врио заведующего кафедрой фармакологии, Военно-медицинская академия; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0001-7685-5126; SPIN: 9872-8841; e-mail: ganvp@mail.ru

#### Information about the authors:

*Alexander Yu. Chudakov* – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Professor of the Department of Management of Daily Activities of the St. Petersburg Military Order of Zhukov Academy of the National Guard Troops; Russia, 198206, Saint Petersburg, Letchik Pilyutov Str., 1; ORCID: 0000-0003-3443-7908; SPIN: 2822-8027; e-mail: chief.chudakow@yandex.ru

*Yuriy N. Zakrevsky* – Dr. of Sci. (Med.), Head of the Department of Normal Physiology, Military Medical Academy named after S. M. Kirov; 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; Professor of the Department of Clinical Medicine, Murmansk Arctic University; Russia, 183010, Murmansk, Sportivnaya Str., 13; SPIN: 6283-8010; ORCID: 0000-0003-4195-373x; e-mail: Zakrev.sever@bk.ru

*Igor A. Tolmachev* – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Colonel of the Medical Service in the Reserve, Corresponding Member of the Russian Academy of Natural Sciences; Head of the Department of Forensic Medicine, Military Medical Academy named after S. M. Kirov; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; SPIN: 6283-8010; ORCID: 0000-0003-4195-373x

*Somendra De Nat* – Lecturer, Department of Clinical Medicine, Murmansk Arctic University, Russia, 183038, Murmansk, Kommun St., 9

*Vyacheslav P. Ganapolsky* – Dr. of Sci. (Med.), Acting Head of the Pharmacology Department, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0000-0001-7685-5126; SPIN: 9872-8841; e-mail: ganvp@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 – И. А. Толмачев, А. Ю. Чудаков; анализ и обработка полученного материала – А. Ю. Чудаков, Ю. Н. Закревский; подготовка рукописи – Ю. Н. Закревский, Чудаков А. Ю., С. Де Нат, В. П. Ганопольский.

**Author contribution.** All authors confirm their authorship according to the international ICMJE criteria (all authors made a significant 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:** IAT, AYuCh the concept and plan of the study. AYuCh, YuNZ analysis and processing of the obtained material. YuNZ, AYuCh, SDN, VPG 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: 12.08.2025

Принята к печати/Accepted: 15.12.2025

Опубликована/Published: 30.12.2025

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Аптер Б. А. К вопросу о повреждениях, обусловленных глубоким охлаждением человека // *Холод и организм: вопросы общего глубокого охлаждения животных и человека*. Т. 161. Л.: ВМА им. С. М. Кирова; 1964. С. 31–41 [Apter B. A. On the issue of damage caused by deep cooling of a person. *Cold and the body: questions general deep cooling of animals and humans*. Vol. 161. Leningrad: MMA named after S. M. Kirov; 1964. pp. 31–41 (In Russ.)].
2. Аптер Б. А. Некоторые вопросы общего глубокого охлаждения человека // *Холод и организм: вопросы общего глубокого охлаждения животных и человека*. Т. 161. Л.: ВМА им. С. М. Кирова. 1964а. С. 8–21 [Apter B. A. Some issues of general deep cooling of a person. *Cold and the body: questions general deep cooling of animals and humans*. Vol. 161. Leningrad: MMA named after S. M. Kirov; 1964a, pp. 8–21 (In Russ.)].
3. Чудаков А. Ю. *Современные клинико-морфологические аспекты общего острого переохлаждения*. СПб; 1999. 110 с. [Chudakov A. Yu. *Modern clinical and morphological aspects of general acute hypothermia*. St. Petersburg; 1999, 110 p. (In Russ.)].
4. Чудаков А. Ю., Исаков В. Д., Доронин Ю. Г. *Острое общее переохлаждение в воде*. СПб: ВМА им. С. М. Кирова; 1999. 224 с. [Chudakov A. Yu., Isakov V. D., Doronin Yu. G. *Acute general hypothermia in water*. St. Petersburg: MMA named after S. M. Kirov; 1999, 224 p. (In Russ.)].
5. Толмачев И. А., Чудаков А. Ю., Хрусталева Ю. А. Судебно-медицинская диагностика смертельной холодовой травмы в условиях низкой температуры воды. Научный доклад. В сборнике международного конгресса «Актуальные вопросы судебной медицины и экспертной практики – 2022». 20 апреля 2022 г. С.76–83 [Tolmachev I. A., Chudakov A. Yu., Khrustaleva Yu. A. Forensic diagnostics of fatal cold injury in conditions of low water temperature. Scientific report. In the collection of the International Congress “Topical issues of forensic medicine and expert practice – 2022”. April 20, 2022, pp. 76–83 (In Russ.)].
6. Толмачев И. А., Чудаков А. Ю., Гайворонская В. В. *Судебно-медицинское и физиологическое проявление некоторых часто наблюдаемых наружных признаков при смерти от острого общего глубокого акцидентального переохлаждения*. СПб.: Институт интегративной медицины; 2022. 68 с. [Tolmachev I. A., Chudakov A. Yu., Gaivoronskaya V.V. *Forensic medical and physiological manifestation of some frequently observed external signs in death from acute general deep accidental hypothermia*. St. Petersburg: Institute of Integrative Medicine; 2022. 68 p. (In Russ.)].
7. Чудаков А. Ю., Толмачев И. А., Хрусталева Ю. А., Божченко А. П. К вопросу судебно-медицинской диагностики причины смерти человека от действия низкой температуры в воде. *Судебная медицина*. 2023. Т. 9, № 2. С. 125–134 [Chudakov A. Yu., Tolmachev I. A., Khrustaleva Yu. A., Bozhchenko A. P. On the issue of forensic medical diagnosis of the cause of human death from the action of low temperature in water. *Forensic medicine*. 2023, Vol.9, No. 2, pp. 125–134 (In Russ.)]. doi: 10.17816/fm797.
8. Божченко А. П., Чудаков А. Ю., Толмачев И. А., Гайворонская В. В. Смерть от переохлаждения на фоне алкогольного опьянения в сочетании с переутомлением. В сборнике: Актуальные вопросы судебной медицины и права. Сб. научно-практич. статей. Казань, 2023. С. 132–135 [Bozhchenko A. P., Chudakov A. Yu., Tolmachev I. A., Gaivoronskaya V. V. Death from hypothermia on the background of alcoholic intoxication in combination with overwork. In the collection: Topical issues of forensic medicine and law. Collection of scientific and practical articles. Kazan, 2023, pp. 132–135 (In Russ.)].
9. Чудаков А. Ю., Гальцев Ю. В., Гайворонская В. В. Судебно-медицинские признаки и их значение при смерти от общего глубокого акцидентального переохлаждения на воздухе. В книге: Смерть от общего переохлаждения: судебно-медицинские и патофизиологические аспекты. Сб. научн. трудов. Самара. 2023. С. 55–73 [Chudakov A. Yu., Galtsev Yu. V., Gaivoronskaya V.V. Forensic signs and their significance in death from general deep accidental hypothermia in the air. In the book: Death from general hypothermia: forensic and pathophysiological aspects. Collection of scientific papers. Samara, 2023, pp. 55–73 (In Russ.)].



10. Чудаков А. Ю., Божченко А. П., Толмачев И. А., Хрусталева Ю. А., Гайворонская В. В. Диагностические критерии причины смерти от действия низкой температуры на воздухе и в воде, устанавливаемые с помощью традиционных методов экспертного исследования. *Судебно-медицинская экспертиза*. 2024. Т. 67, № 3. С. 29–33 [Chudakov A. Yu., Bozhchenko A. P., Tolmachev I. A., Khrustaleva Yu. A., Gaivoronskaya V. V. Diagnostic criteria for the cause of death from the action of low temperature in air and in water, established using traditional methods of expert research. *Forensic medical examination*. 2024, Vol. 67, No. 3, pp. 29–33 (In Russ.)].
11. Пиголкин Ю. И. Солодовников В. Ю., Кислов М. А., Оганесян Н. С. Сравнительная эпидемиология термической травмы и гипотермии. *Судебно-медицинская экспертиза*. 2021. Т. 64, № 2. С. 4–9 [Pigolkin Yu. I. Solodovnikov V. Yu., Kislov M. A., Oganessian N. S. Comparative epidemiology of thermal injury and hypothermia. *Forensic medical examination*. 2021, Vol. 64, No. 2, pp. 4–9 (In Russ.)].
12. Халиков А. А., Кильдюшов Е. М., Кузнецов К. О., Комлев Д. С., Халикова Л. В. Диагностика давности наступления смерти и особенности проведения судебно-медицинской экспертизы при посмертном оледенении трупа. *Судебно-медицинская экспертиза*. 2022. Т. 66, № 2. С. 16–19 [Khalikov A. A., Kildyushov E. M., Kuznetsov K. O., Komlev D. S., Khalikova L. V. Diagnosis of the prescription of death and features of forensic medical examination during postmortem glaciation of the corpse. *Forensic medical examination*, 2022, Vol. 66, No. 2, pp. 16–19 (In Russ.)].

## ПРИМЕНЕНИЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ПРОФИЛЕЙ РИСКА И МЕДИКО-САНИТАРНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ МОРСКИХ ТЕРРОРИСТИЧЕСКИХ АКТОВ

<sup>1</sup> Н. С. Шуленин\*, <sup>2,3</sup> Р. Н. Лемешкин, <sup>1</sup> Э. М. Мавренков, <sup>2,4</sup> В. А. Горичный

<sup>1</sup> Главное Военно-медицинское управление Министерства обороны Российской Федерации, Москва, Россия

<sup>2</sup> Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

<sup>4</sup> Санкт-Петербургский медико-социальный институт, Санкт-Петербург, Россия

**ВВЕДЕНИЕ.** Морской терроризм представляет собой особую угрозу международной безопасности, осложненную высокой вероятностью медико-санитарных последствий и ограниченными возможностями медицинского реагирования в условиях портовой и судовой инфраструктуры. Несмотря на наличие описательных исследований, до настоящего времени отсутствовали работы, в которых использованы методы многомерного анализа и кластеризации для выявления типовых сценариев с учетом санитарных и безвозвратных потерь.

**ЦЕЛЬ.** Определить устойчивые кластеры морских террористических актов с ненулевыми потерями по совокупности признаков метод – способ – объект и охарактеризовать их деструктивный потенциал для целей медицины катастроф.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Исследование выполнено на основе базы данных GTD (Global Terrorism Database), включающей 209 707 террористических актов за 1970–2020 гг. Из массива выделено 69 772 террористических акта, по ключевым словам из которых отобран 35 591 теракт с числом убитых или раненых  $\geq 1$ . Для анализа использованы методы нормализации, логарифмического преобразования потерь, one-hot кодирования категориальных признаков и стандартизации. Кластеризация проведена методом квадратов средних, оптимальное количество кластеров выбрано на основе коэффициента силуэта, индексов Калински–Харабаса и Дэвиса–Булдина. Результаты интерпретированы с применением PCA-визуализаций и профилей распределения.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** Выявлено три устойчивых кластера.

Первый (высокорисковый) характеризуется преобладанием применения взрывчатых веществ, ориентацией на частных лиц, военных и полицию, а также наибольшими медико-санитарными последствиями (медиана – 9 убитых и 15 раненых на событие; перцентиль ( $p$ ) 90–32 убитых и 52 раненых). Второй кластер включает преимущественно взрывные атаки малой мощности; третий – вооруженные нападения на силовые структуры с умеренными последствиями. Пик активности зафиксирован в 2013–2016 гг., когда доля высокорискового профиля достигала максимальных значений.

**ОБСУЖДЕНИЕ.** Полученные результаты подтверждают неоднородность морского терроризма и позволяют выделить три качественно различных режима угроз. Медико-санитарные последствия варьируют от единичных ранений до массовых санитарных потерь, требующих сортировки и эвакуации. Кластерный подход обеспечивает основу для разработки сценариев медицинского реагирования, где акцент необходимо делать на готовности к катастрофическим событиям, связанным с взрывными поражающими факторами.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Предложенный методологический подход расширяет аналитическую базу исследований морского терроризма, позволяя перейти от описательных характеристик к воспроизводимой классификации терактов по профилям риска. Это создает практическую основу для планирования медицинского обеспечения, распределения ресурсов и совершенствования нормативно-правовой базы в сфере морской безопасности.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** морская медицина, морской терроризм, кластеризация, профили риска, безопасность судоходства, GTD; взрывчатые вещества, медицинские потери, портовая инфраструктура, медицина катастроф

\*Для корреспонденции: Шуленин Николай Сергеевич, e-mail: [shulenin.ns@gmail.com](mailto:shulenin.ns@gmail.com)

\*For correspondence: Nikolay S. Shulenin, e-mail: [shulenin.ns@gmail.com](mailto:shulenin.ns@gmail.com)

**Для цитирования:** Шуленин Н. С., Лемешкин Р. Н., Мавренков Э. М., Горичный В. А. Применение кластерного анализа профилей риска и медико-санитарных последствий морских террористических актов // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 4. С. 125–138, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-125-138>; EDN: <https://elibrary.ru/OVKZZE>

**For citation:** Shulenin N. S., Lemeshkin R. N., Mavrenkov E. M., Gorichny V. A. Application of cluster analysis of risk profiles and health consequences of maritime terrorist acts // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, No. 4. P. 125–138, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-125-138>; EDN: <https://elibrary.ru/OVKZZE>

## APPLICATION OF CLUSTER ANALYSIS OF RISK PROFILES AND HEALTH CONSEQUENCES OF MARITIME TERRORIST ACTS

<sup>1</sup>Nikolay S. Shulenin\*, <sup>2,3</sup>Roman N. Lemeshkin, <sup>1</sup>Eduard M. Mavrenkov, <sup>2,4</sup>Victor A. Gorichny

<sup>1</sup>Main Military Medical Directorate of the Ministry of Defense of the Russian Federation

<sup>2</sup>Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

<sup>3</sup>Almazov National Research Medical Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia

<sup>4</sup>St. Petersburg Medical and Social Institute, Saint Petersburg, Russia

**INTRODUCTION.** Maritime terrorism poses a particular threat to international security, complicated by the high likelihood of medical consequences and limited medical response capabilities in port and shipboard environments. Despite the existence of descriptive studies, there have been no studies to date that utilize multivariate analysis and clustering methods to identify typical scenarios that take into account sanitary and irreversible losses.

**OBJECTIVE.** To identify stable clusters of maritime terrorist attacks with non-zero losses based on a set of method-means-object characteristics and characterize their destructive potential for the purposes of disaster medicine.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** The study was conducted using the GTD (Global Terrorism Database), which includes 209,707 terrorist attacks from 1970 to 2020. Of these, 69,772 terrorist attacks were identified, and 35,591 attacks with  $\geq 1$  fatality were selected using keywords. The analysis used normalization, logarithmic loss transformation, one-hot encoding of categorical features, and standardization. Clustering was performed using the squared means method, and the optimal number of clusters was selected based on the silhouette coefficient, Kalinski–Harabasz, and Davis–Bouldin indices. The results were interpreted using PCA visualizations and distribution profiles.

**RESULTS.** Three stable clusters were identified.

The first (high-risk) is characterized by the predominance of explosives, a focus on private individuals, military personnel, and police, and the highest health consequences (median: 9 killed and 15 injured per event; percentile (p) 90–32 killed and 52 injured). The second cluster includes predominantly low-yield explosive attacks; the third includes armed attacks on security forces with moderate consequences. The peak of activity was recorded in 2013–2016, when the proportion of high-risk incidents reached its maximum values.

**DICUSSION.** The obtained results confirm the heterogeneity of maritime terrorism and allow us to identify three qualitatively different threat regimes. Medical consequences range from isolated injuries to mass casualties requiring triage and evacuation. The cluster approach provides a basis for developing medical response scenarios, with an emphasis on preparedness for catastrophic events involving explosive hazards.

**CONCLUSION.** The proposed methodological approach expands the analytical framework for maritime terrorism research, enabling a transition from descriptive characteristics to a reproducible classification of terrorist attacks by risk profile. This creates a practical basis for planning medical support, allocating resources, and improving the regulatory framework in maritime security.

**KEYWORDS:** marine medicine, maritime medicine, maritime terrorism, clustering, risk profiles, shipping safety, GTD; explosives, medical casualties, port infrastructure, disaster medicine

**Введение.** Морской терроризм представляет собой особую форму террористической активности, направленную на объекты судоходства, портовую инфраструктуру и обеспечивающий работу персонал, и характеризуется высокой мобильностью исполнителей, сложностью своевременного выявления и потенциально масштабными санитарными и безвозвратными потерями в условиях ограниченного пространства и высокой уязвимости морской среды [1–5].

В отличие от наземных сценариев, в морских инцидентах часто задействованы смешанные цепочки логистики и критическая инфраструктура (порты, терминалы, переправы), что повышает системные риски для гражданского здравоохранения и служб экстренного реагирования [6, 7].

Эмпирическая база исследований терроризма за последние десятилетия опирается на крупные открытые массивы данных, в частности на

Global Terrorism Database (GTD), обеспечивающую сопоставимость и полноту событийного ряда с 1970 г., и детализированное описание инцидентов, методов, примененных средств и последствий [8–12]. При этом в отношении морского сегмента совершенных террористических актов сохраняется дефицит работ, интегрирующих правовые, операционные и медико-санитарные аспекты, несмотря на наличие нормативных рамок и сформированную информационную базу морской безопасности [1, 4]. Существующая литература подчеркивает важность учета специфики морской среды, пиратства и гибридных угроз, однако комплексные количественные оценки структуры медико-санитарных последствий, их динамики и профилей риска остаются ограниченными [2, 3, 11].

Настоящая статья является четвертой в серии и логически продолжает ранее начатый анализ морских террористических актов на основе GTD за 1970–2020 гг., фокусируясь на статистическом моделировании и выявлении устойчивых профилей риска с позиции медицины катастроф. В отличие от предыдущего этапа, где были описаны частоты и динамика по методам, способам и объектам совершения террористических актов, текущая работа использует многомерные методы для обнаружения латентных структур в данных, опираясь на современный инструментарий машинного обучения: one-hot-кодирование категорий, стандартизацию, главные компоненты для интерпретации пространства признаков и кластеризацию методом квадратов средних с последующей валидацией (силуэт, индексы Калински–Харабаса и Дэвиса–Булдина) [13–19]. Такой дизайн позволяет перейти от описательной статистики к типологизации терактов и сопоставлению кластеров по санитарным и безвозвратным потерям.

Задача исследования – выявить и интерпретировать устойчивые кластеры морских террористических актов с ненулевыми последствиями (включение событий при числе убитых  $> 0$  или раненых  $> 0$ ), объяснить их структуру через сочетания метод – способ – объект и оценить их вклад в риск формирования очагов массовых санитарных потерь. Задачи включают подготовку и локализацию категориальных признаков выборки морских терактов, построение репрезентативного пространства признаков с учетом потерь, кластеризацию событий

и сравнение кластеров по профилям методов, оружия, целей, и анализ временной динамики и медико-санитарных последствий для планирования сил и средств. Ожидаемый вклад работы состоит в создании доказательной базы для приоритизации мероприятий медицинского обеспечения и профилактики терроризма на море, а также в предложении воспроизводимого аналитического контура, интегрирующего открытые данные и проверенные методы статистического анализа [10–19].

**Цель.** Определить устойчивые кластеры морских террористических актов, где присутствовали медико-санитарные последствия по совокупности признаков метод – способ – объект, и охарактеризовать их деструктивный потенциал для совершенствования подходов к реагированию медицины катастроф.

**Материалы и методы.** Эмпирической базой исследования послужила GTD, содержащая сведения о 209 707 террористических актах, зарегистрированных в период с 1970 по 2020 г. [10–12]. Для целей данного исследования из массива данных была выделена тематическая выборка, связанная с морской инфраструктурой, судоходством и портовыми объектами. Первичный отбор проводили с применением семантического фильтра, включавшего следующие ключевые слова: корабль, лодка, моряк, порт, гавань, море, танкер, паром, пират и др., что позволило идентифицировать события, имеющие непосредственное отношение к морской среде.

Для обеспечения медицинской релевантности анализ ограничивали случаями, в которых имелись зафиксированные медико-санитарные последствия. В окончательный массив включали только те записи, где число убитых или раненых не равнялось нулю. После очистки и удаления ошибочных записей итоговая выборка составила 35 591 наблюдение, что соответствует 51 % от исходного объема семантически отобранных записей.

Ключевыми признаками для анализа были три группы характеристик: метод совершения атаки, способ применения оружия и объект нападения. Для удобства интерпретации и построения визуализаций они были переведены на русский язык. Так, методы включали: взрыв/подрыв; вооруженное нападение; похищение; захват (угон); нападение без оружия; атака на объект инфраструктуры и др. В категории способов совершения терактов основными явля-

лись: применение взрывчатых веществ; огнестрельного оружия; зажигательных устройств; холодного оружия; «химического оружия; транспортных средств и др. Среди объектов выделяли: частные лица и имущество; военные объекты; полиция; транспортная инфраструктура; государственные учреждения; бизнес; религиозные организации; морские объекты.

Числовые показатели потерь (убитых и раненых) приводили к единому формату с помощью замены пропусков на нули. Для снижения влияния экстремальных значений использовали логарифмическое преобразование  $\log_{1p}(x) = \ln(1 + x)$ . Категориальные переменные кодировали методом One-hot Encoding, числовые стандартизировали до среднего и стандартного отклонения [14, 19].

Кластеризацию выполняли методом квадратов средних, что позволило разделить множество наблюдений на группы с относительно однородными характеристиками [16]. Для повышения устойчивости решений использовали многократную ( $n = 50$ ) инициализацию и фиксированное начальное состояние генератора случайных чисел. Оптимальное количество кластеров подбирали в диапазоне от 2 до 12 на основании комплексной оценки трех индексов: коэффициента силуэта [17], индекса Калински–Харабаса [18] и индекса Дэвиса–Булдина [19]. Для исключения субъективности все индексы переводили в ранговую шкалу, после чего вычисляли их сумму. Минимальное значение суммы рангов принимали в качестве критерия выбора оптимального количества кластеров. В результате наилучшей конфигурацией оказалось распределение на три кластера.

Для интерпретации кластеров использовали описательные профили, включавшие распределение категориальных признаков по каждому кластеру, а также показатели санитарных и безвозвратных потерь: медианы, квартили, перцентиль (р) 90. Дополнительно проводили понижение размерности методом главных компонент (РСА) для двумерной визуализации результатов кластеризации [18]. Все вычисления выполняли в среде Python с использованием библиотек Pandas, Numpy, Scikit-learn и Matplotlib [19].

Следует отметить ряд ограничений проведенного анализа. Семантический фильтр по ключевым словам может включать пограничные случаи (например, прибрежные ата-

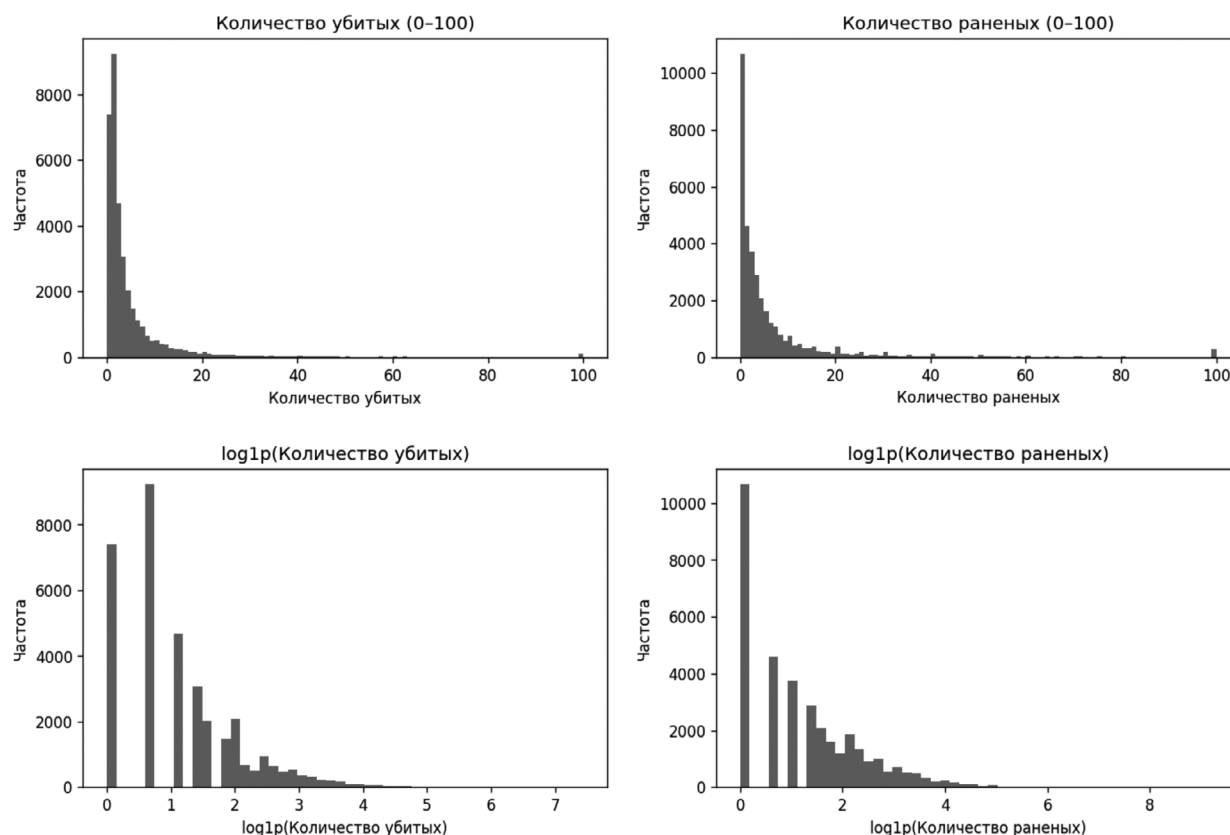
ки с неоднозначной классификацией), а также не охватывают новые гибридные формы терроризма. Кроме того, отсутствие географических координат в анализируемых признаках не позволяет учесть пространственную неоднородность. Несмотря на использование логарифмического преобразования  $\log_{1p}$ , сохраняется чувствительность к единичным экстремальным событиям, обладающим значительной статистической массой.

Тем не менее предложенный методологический подход обеспечивает воспроизводимость и прозрачность результатов, а также позволяет выявить устойчивые группы морских террористических актов по их структуре и последствиям. Это создает основу для дальнейшего обсуждения специфики санитарных потерь и организации медицинского обеспечения в условиях борьбы с проявлениями и последствиями морского терроризма.

**Результаты.** Анализ выборки морских терактов (1970–2020), включающей 35 591 событие с зарегистрированными медико-санитарными последствиями, выявил устойчивые закономерности в распределении потерь и их связи с методами, способами и объектами совершения терактов, а также позволил разделить данные на основании кластеризации.

Как видно на рис. 1, исходные распределения значений убитых и раненых имеют ярко выраженный правосторонний характер с тяжелым «длинным хвостом». В исследуемой выборке суммарно по полям зарегистрировано 35 465 наблюдений по убитым и 33 480 – по раненым (учтены непустые записи). Среднее значение безвозвратных потерь составляет  $\approx 5,24$  человека на событие при медиане 2, тогда как 75-й перцентиль равен 5, 90-й – 11, 95-й – 19, 99-й – 51, максимум – 1700 (наличие единичных катастрофических событий). Для санитарных потерь среднее  $\approx 8,38$ , медиана 2, 75-й перцентиль – 7, 90-й – 17, 95-й – 30, 99-й  $\approx 82$ , максимум – 10 878. При этом выявлено ненулевых записей – 28 195 по убитым и 24 918 – по раненым. Наличие большого разрыва между медианой и верхними перцентилями указывает на то, что большинство инцидентов сопровождается небольшими потерями, а основную «массу» суммарных потерь дают сравнительно редкие, но масштабные события.

Нижние части рис. 1 показывают то же распределение после применения логарифмиче-



**Рис. 1.** Распределение санитарных и безвозвратных потерь (линейная шкала и log1p)  
**Fig. 1.** Distributions of non-fatal and fatal losses (linear and log1p scales)

ского преобразования. Такое преобразование значительно сжимает шкалу, уменьшает асимметрию и делает видимыми структуру и отклонения, которые в исходной (линейной) шкале скрыты «хвостом». Практически это позволяет применять стандартные методы многомерного анализа (стандартизация, РСА, кластеризация) без чрезмерного влияния экстремумов; одновременно сохраняется информация об относительной тяжести событий.

По данным выборки, распределение по методам атак характеризуется выраженным преобладанием терактов с использованием взрывчатых веществ: зафиксировано 18 578 случаев, что составляет  $\approx 52,2\%$  от всей выборки. На втором месте – вооруженные нападения – 10 013 ( $\approx 28,1\%$ ). Далее по частоте следуют нераспределенные теракты – 2 291 ( $\approx 6,4\%$ ) и убийства – 2 229 ( $\approx 6,3\%$ ); затем категории захвата заложников – 1 628 ( $\approx 4,6\%$ ), атаки на объекты инфраструктуры – 353 ( $\approx 1,0\%$ ), нападения без оружия – 208 ( $\approx 0,6\%$ ), угоны транспортных средств – 153 ( $\approx 0,4\%$ ). Эти величины демонстрируют, что более 80 % инцидентов при-

ходятся на две группы методов совершения терактов – взрывы и вооруженные нападения, что объясняет высокую удельную роль массовых медико-санитарных последствий морских терактов.

Анализ по способам совершения терактов показывает сопоставимое преобладание: взрывы – 20 048 (56,3 %) случаев, применение огнестрельного оружия – 11 115 (31,2 %). Доля записей с неизвестными значениями составляет 2933 ( $\approx 8,2\%$ ). Менее распространены варианты без оружия – 780 (2,22 %), поджоги – 570 ( $\approx 1,6\%$ ), применение химических веществ – 69 ( $\approx 0,2\%$ ), транспортные средства – 48 ( $\approx 0,1\%$ ). Преобладание взрывов и применения огнестрельного оружия соответствует распределению по методам и подтверждает, что основные проблемы реагирования медицины катастроф в морской среде связаны с травмами от взрывов и огнестрельного оружия, а не с редкими химическими или биологическими вариантами терактов.

Распределение по объектам показывает, что наибольшая доля пострадавших и терактов

приходится на гражданский сектор – 10 280 ( $\approx 28,9\%$ ) случаев. Вторым по численности подразделением являются военные – 7009 ( $19,7\%$ ) человек, третьим – полиция – 5167 ( $14,5\%$ ) человек. Транспорт также вносит значительный вклад – 3093 ( $\approx 8,7\%$ ) человека, а правительство (в целом) – 2 855 ( $\approx 8,0\%$ ).

Такая структура указывает на двойственный характер угрозы: с одной стороны, массовые пострадавшие из числа гражданского населения, с другой – целенаправленное противодействие военным и правоохранительным структурам, что усиливает системный эффект инцидентов на устойчивость портовой и морской безопасности.

В результате представленные сведения дают количественную картину исходных характеристик выборки: доминирование взрывных сценариев и взрывчатка как основного средства, высокий вклад гражданских лиц как основной целевой категории и существенную асимметрию распределений потерь, обусловленную редкими, но крупными терактами. Эти факты послужили методологической основой для последующей кластеризации и детализации профилей (рис. 2–9), где оценивалось структурное сочетание метод – способ – объект и его влияние на санитарные и безвозвратные потери.

Перед кластерным разбором связей метод – оружие – объект мы построили обобщенную матрицу сопряженности, чтобы количественно показать, насколько прямолинейно выбор метода атаки определяет способ поражения. Это необходимо для обоснования того, что кластеры будут иметь отчетливые тактико-технические характеристики.

Как видно из рис. 2, пары «взрыв/подрыв – взрывчатка» и «вооруженное нападение – огнестрельное» формируют наиболее устойчивые гребни распределения: их доли превышают альтернативные варианты с кратным отрывом. Для «Похищений» и «Захватов (угонов)» профиль средств более смешанный, однако и там огнестрельное оружие дает заметный вклад. Это подтверждает, что тактическая определенность является сильным фактором, структурирующим выборку перед кластеризацией.

Чтобы убедиться, что кластеры отделяются не искусственно, а действительно улавливают скрытую структуру признаков, мы вывели события в проекцию главных компонент и монохромно промаркировали кластеры разными фигурами (рис. 3).

По данным проекции, наблюдается перекрывающееся, но различимое расположение обла-

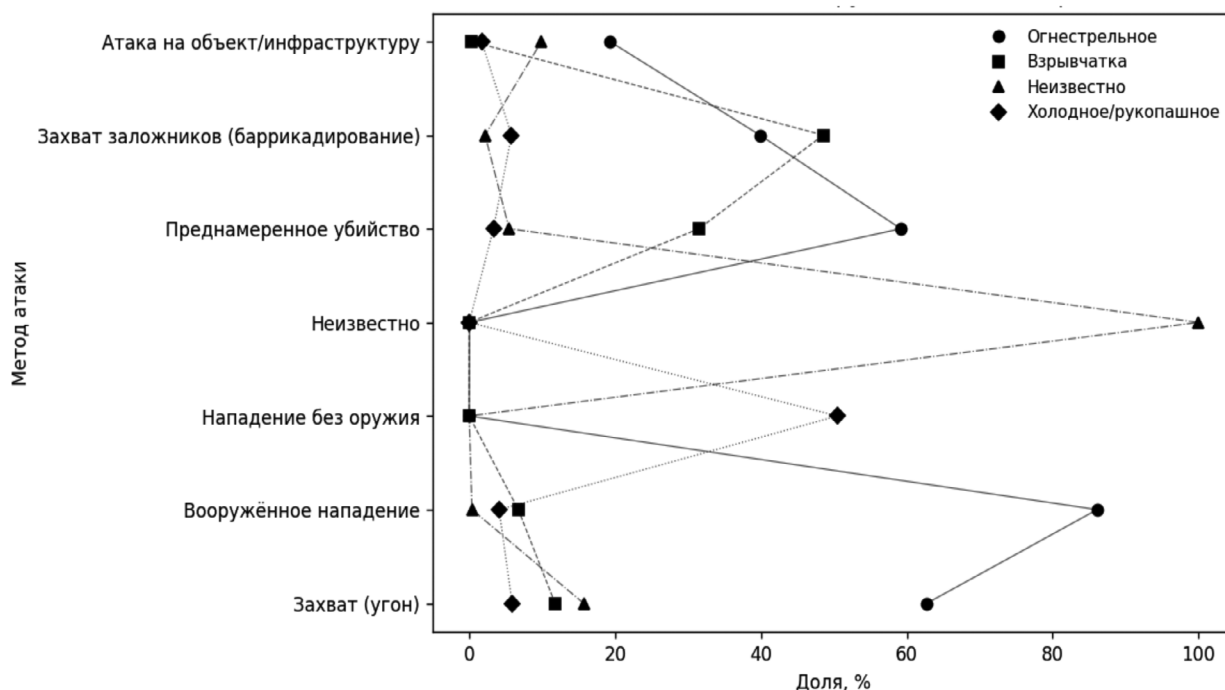
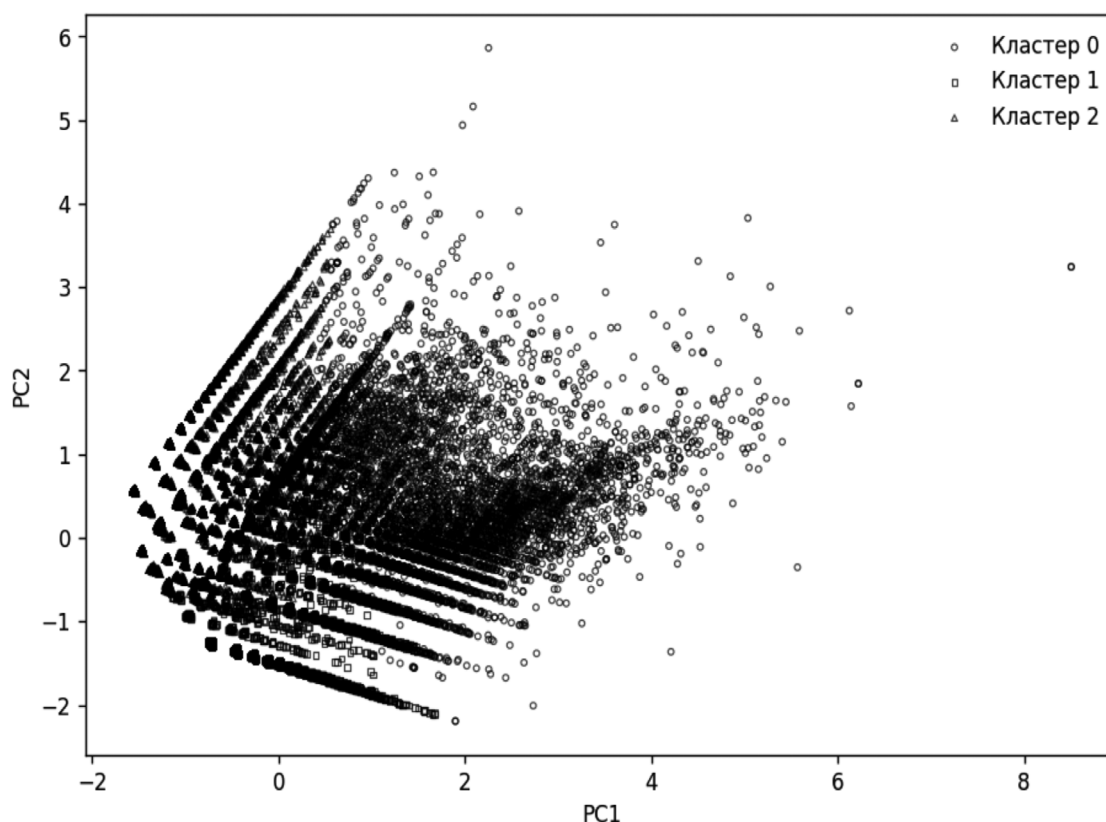


Рис. 2. Соотношение метод и способ совершения

Fig. 2. Method × weapon type relationship



**Рис. 3.** PCA-карта кластеров (двумерная проекция; монохромные маркеры)

**Fig. 3.** PCA map of clusters (2-D projection; monochrome markers)

ков событий. Кластер 0 образует более плотное ядро, что соответствует его тактико-технической однородности (взрывы/взрывчатка), тогда как кластеры 1 и 2 занимают смежные области с большим разбросом. Это указывает на реальную многомодальность данных: кластеры отражают не артефакт предобработки, а устойчивые сочетания признаков.

Далее мы поочередно рассматриваем, как меняется долевой состав методов, способов и объектов между кластерами. Для печати в черно-белом варианте (ч/б) каждая группа столбцов снабжена отличающимися штриховками, соответствующими отдельным кластерам (легенда на графиках).

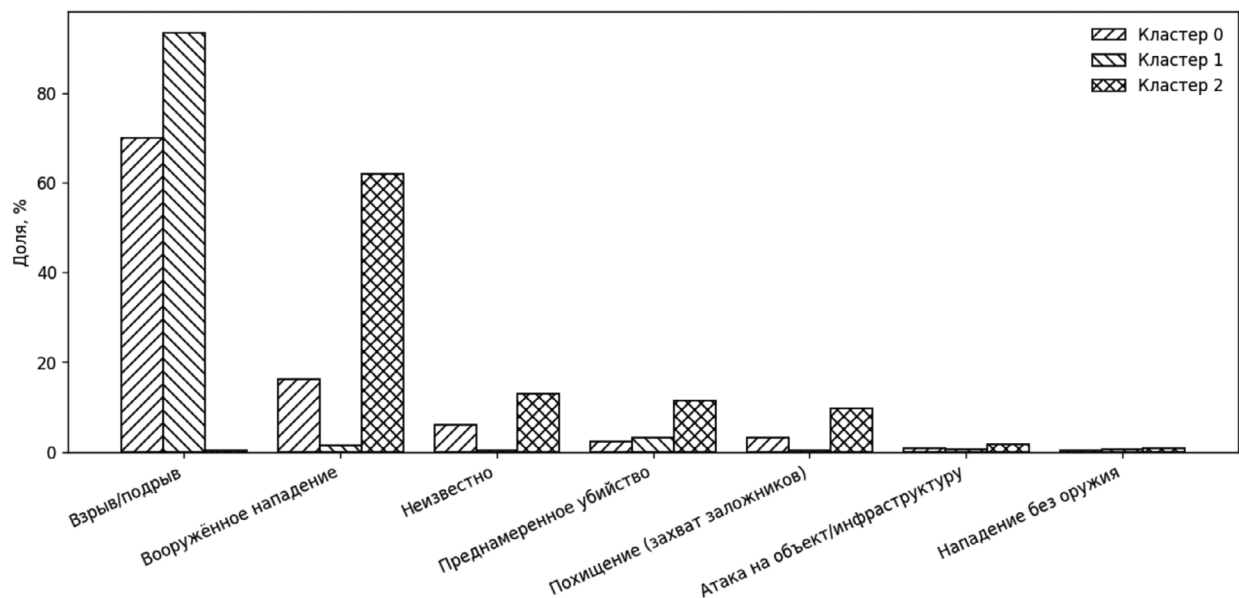
Как видно из рис. 4, кластер 0 доминирует по доле «взрыв/подрыв», причем разрыв с альтернативными методами отчетливо выражен. Кластер 2 демонстрирует повышенную долю «вооруженных нападений», тогда как кластер 1 сохраняет профиль взрывов, но с меньшей долей и большей примесью инфраструктурных атак и невооруженных инцидентов. Таким образом, методологическая «подпись» кластеров проявляется в явном виде.

На рис. 5 видно, что «Взрывчатка» является ядром кластера 0, а «Огнестрельное» – характерная составляющая кластера 2. В кластере 1 сохраняется преобладание взрывчатых средств, но с меньшими долями и большей примесью второстепенных способов (зажигательные, рукопашные), что соответствует менее деструктивному профилю событий.

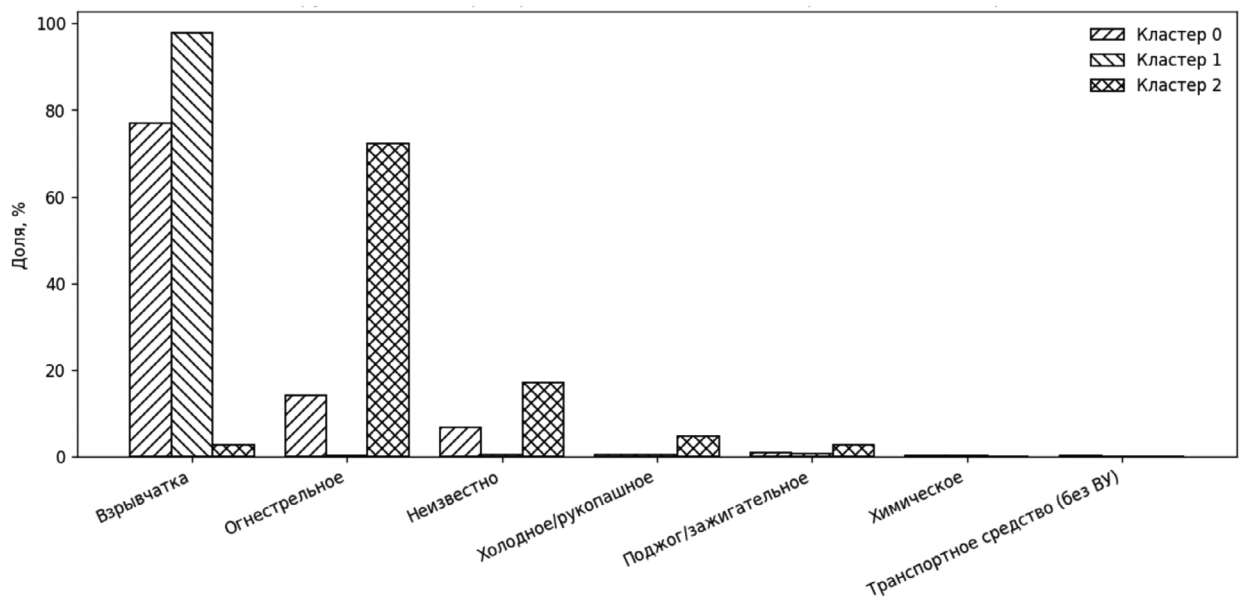
Из рис. 6 следует, что кластер 0 направлен одновременно против «Частных лиц и имущества» и силовых объектов («Военные», «Полиция»), а также затрагивает «Транспорт». Кластер 2 более специфичен к силовому блоку, тогда как кластер 1 смещен в сторону гражданских и инфраструктурных целей. Эти две «оси риска» – массовые гражданские потери и поражение силовых структур – затем проявляются и в различиях по санитарным/безвозвратным последствиям.

Чтобы количественно сравнить размер потерь между кластерами, мы вывели боксплоты санитарных и безвозвратных потерь (единица наблюдения – событие; выбросы скрыты для устойчивости масштаба в черно-белом варианте). Каждый кластер имеет свою штриховку.





**Рис. 4.** Методы атак: распределение долей по кластерам  
**Fig. 4.** Attack methods: cluster-wise shares



**Рис. 5.** Типы оружия/способы: распределение долей по кластерам  
**Fig. 5.** Weapon types/modes: cluster-wise shares

По данным распределения кластер 0 имеет максимальные медианы и высокий верхний квартиль: разница с кластерами 1–2 отчетлива как по центральным тенденциям, так и по разбросу. Это подтверждает, что именно кластер 0 формирует ядро событий с наиболее тяжелыми безвозвратными потерями.

Рис. 8 демонстрирует, что профиль по санитарным потерям повторяет картину для безвозвратных потерь: у кластера 0 медиана и верхние квантили существенно выше, тогда

как кластеры 1–2 стабильно низки. В совокупности рис. 7 и 8 показывают, что высокорисковый кластер обладает двойной нагрузкой – он определяет и количественные показатели смертности, и массовые санитарные потери в результате совершения террористического акта.

Наконец, чтобы связать кластерные профили с временной динамикой и целевой уязвимостью, мы рассматривали годовые суммы убитых по ключевым объектам.

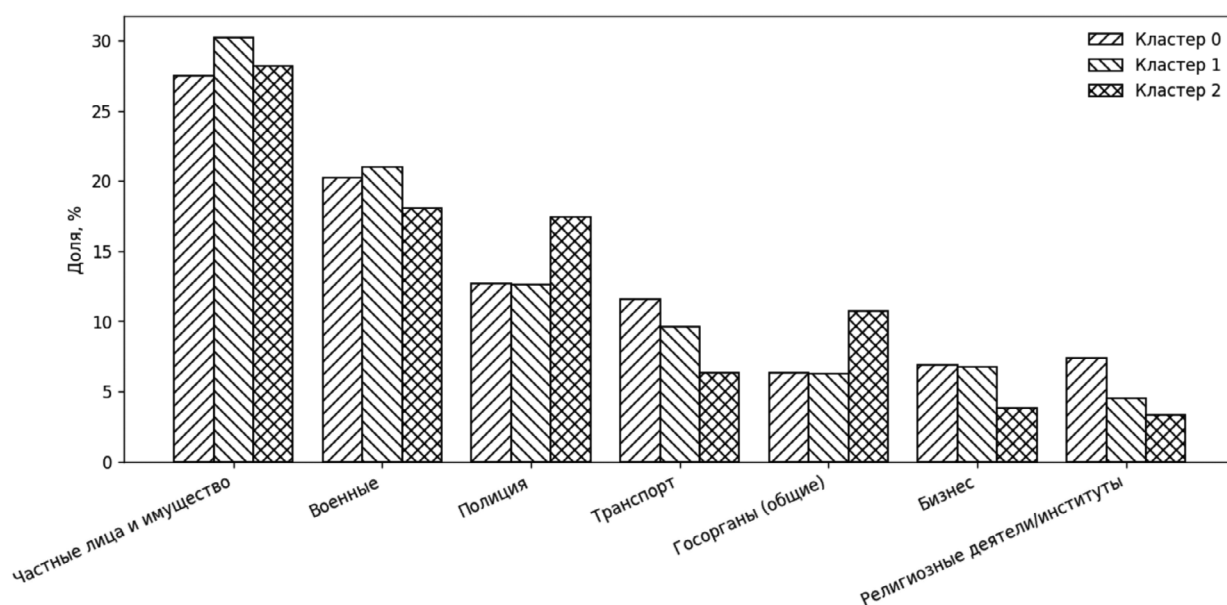


Рис. 6. Объекты атак: распределение долей по кластерам

Fig. 6. Targets: cluster-wise shares

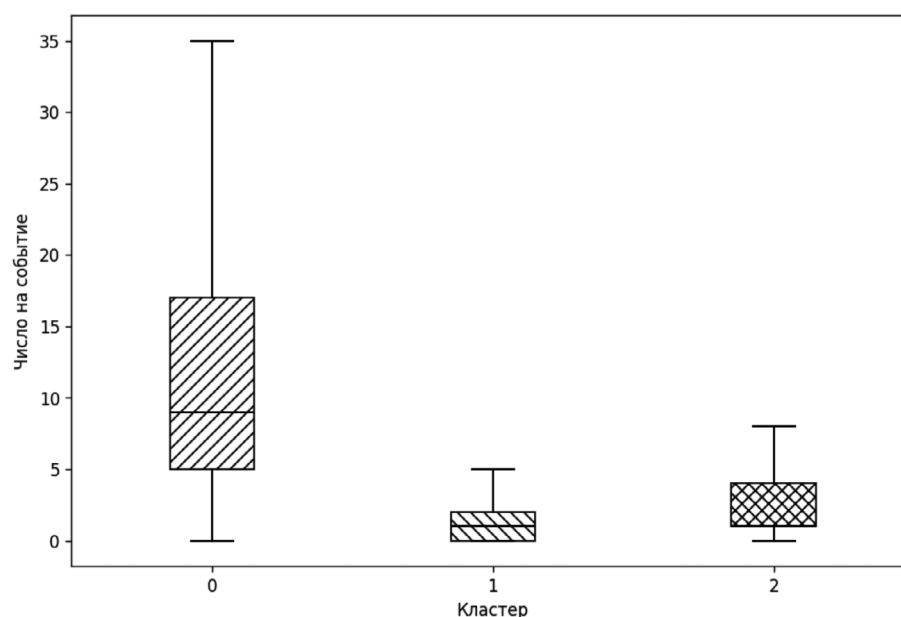
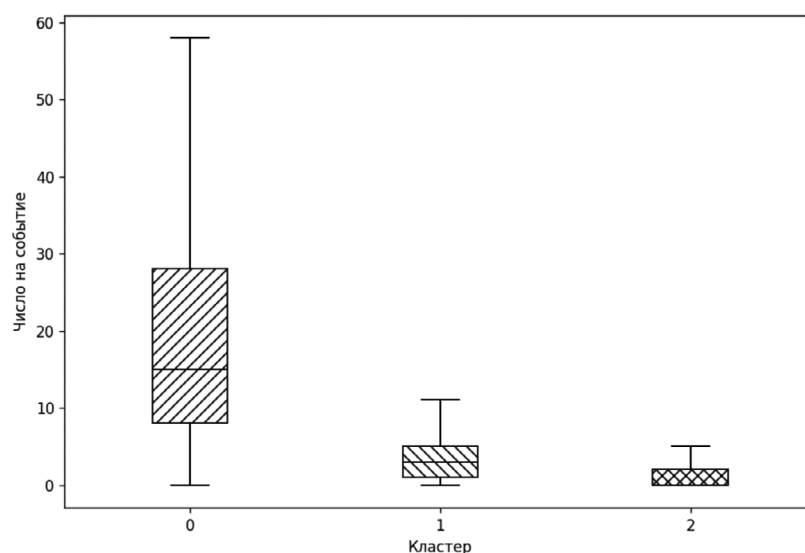


Рис. 7. Распределение безвозвратных потерь (убитые) по кластерам

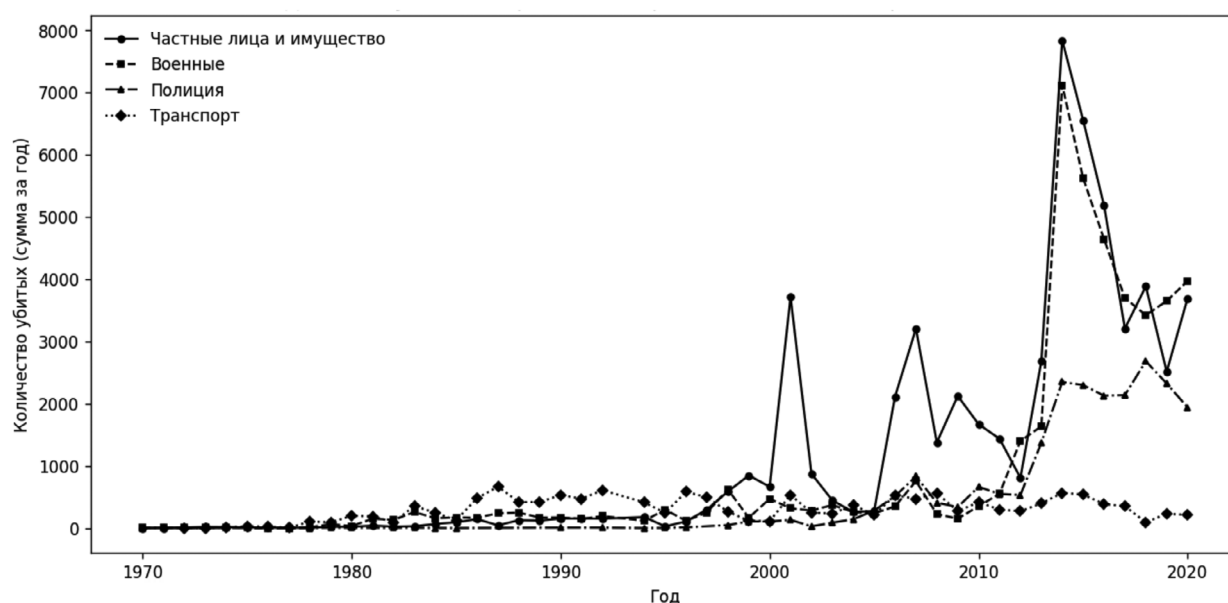
Fig. 7. Fatal losses by cluster

По данным временных рядов, пики безвозвратных потерь синхронно затрагивают категории «Частные лица и имущество», «Военные» и «Полиция», причем фаза 2013–2016 гг. выделяется особо. Это согласуется с кластерной картиной: именно сценарии кластера 0 (Взрывы/взрывчатка; Гражданские и силовые цели) дают наибольший вклад в катастрофические годовые значения. Вклад «Транспорта» усиливается в годы всплесков, подчеркивая роль портов и переправ как узловых зон риска.

В целом, фигуры 5–12 демонстрируют согласованную картину: прямые связи «Метод – Способ» (см. рис. 3), устойчивое разграничение на три профиля (см. рис. 4), системные различия в долях методов/оружия/объектов между кластерами (см. Рис. 5, 6), различия в тяжести последствий (см. рис. 7, 8) и (v) синхронные пики смертности по целям в фазу эскалации (см. рис. 9). Описанные аргументы поддерживают интерпретацию кластеров как содержательно различных профилей риска, а не статистического артефакта.



**Рис. 8.** Распределение санитарных потерь (раненые) по кластерам  
**Fig. 8.** Non-fatal losses by cluster



**Рис. 9.** Динамика убитых в терактах на море по объектам совершения  
**Fig. 9.** The dynamics of those killed in terrorist attacks at sea by target

**Обсуждение.** Выявленная трехкластерная структура морских террористических актов позволяет перейти от описательного взгляда к интерпретации устойчивых профилей риска и их практического значения для медицины катастроф к системе безопасности на море. Наиболее существенным результатом является фиксация высокорискового кластера, формируемого событиями взрывного характера с применением взрывчатых веществ и нацеленностью одновременно на гражданские и силовые объекты. По своей природе этот профиль объединяет факторы, которые в морской среде усиливают друг друга: ограниченное простран-

ство, высокая плотность людей и оборудования, сложность эвакуации и логистические «узкие горлышки» портов и переправ. Конфигурация «Взрыв/подрыв – взрывчатка», которая продемонстрирована на рис. 2, подтверждает тактическую определенность террористов и объясняет наблюдаемую концентрацию массовых санитарных потерь в 2013–2016 гг. Этот период, согласно нашим данным, характеризуется не только ростом частоты событий, но и смещением их «массы» в сторону сценариев, где вероятны множественные травмы и ожоги, требующие немедленной сортировки и организации оказания специализированной медицинской

помощи (ожоговые профили, ингаляционные поражения, комбинированные травмы) [4–8].

Два других кластера проявляют различную клиническую и операционную «подпись». Профиль с преобладанием вооруженных нападений отражает адресные атаки на военных и полицию, где последствия, как правило, ниже по масштабам, но требуют иной конфигурации готовности: кровоостанавливающие средства, быстрое обеспечение проходимости дыхательных путей, противошоковые мероприятия в условиях боестолкновения и потенциальной вторичной угрозы [4–6]. Низко-/среднеинтенсивный профиль событий, часто также связанный со взрывчатыми устройствами, но с меньшими потерями, указывает на широкий фон инцидентов, поддерживающих общий уровень напряжения и потребность в постоянной готовности служб скорой помощи, без систематической перегрузки госпитальной сети. Таким образом, с медицинской точки зрения обнаруженные кластеры соответствуют трем устойчивым режимам нагрузок: катастрофические всплески, тактические инциденты силового типа и хронический фон.

Двойственность цели — гражданские лица и представители силовых структур — прослеживается сквозь все уровни анализа и соотносится с логикой морской безопасности: порты и переправы, с одной стороны, создают условия для массового поражения, а с другой — концентрируют элементы контроля (береговая охрана, военные, полиция), которые становятся символическими и операционными целями [4, 7]. В периоды эскалации синхронный рост смертности среди частных лиц, военных и полиции указывает на вероятную координацию атак или как минимум на общие направления риска (политико-экономические кризисы, уязвимость логистических цепочек, рост активности нелегитимных акторов). Это соответствует более широким наблюдениям по GTD о связях между этапами жизненного цикла государства и террористической активностью [1–3].

С методологической точки зрения сильной стороной подхода является интеграция категориальных связей «метод — способ — объект» с величиной потерь в едином признаковом пространстве, что обеспечивает репрезентативное разделение без априорных предположений о структуре данных. Валидация несколькими индексами качества кластеров (силуэт,

Калински–Харабас, Дэвис–Булдин) и проекционная интерпретация в PCA создают достаточные основания считать разделение на три кластера устойчивым [9–15]. Вместе с тем выбранный нами подготовительный этап (one-hot и стандартизация, лог-трансформация потерь) не устраняет всех эффектов выбросов, а отсутствие геопространственных предикторов не позволяет оценить вклад региональной неоднородности и маршрутизации судоходства. Эти ограничения свойственны анализу на базе GTD и отражают как специфику источников, так и неполноту свойств описываемых терактов [1–3].

Практические выводы и решения для медицинского обеспечения вытекают непосредственно из профилей кластеров. Для высокорискового кластера первичны заблаговременное развертывание сортировочно-эвакуационных мощностей в портах (предпортовых эвакоприемников), наличие модулей для лечения ожогов и ингаляционных поражений, усиление возможностей медицинской эвакуации (включая водные и вертолетные) и тренировки многопрофильных бригад к действиям в задымленных/замкнутых пространствах судов. Для силового профиля требуется фокусирование на кровотоках, раннем обезболивании, профилактике нарушения проходимости дыхательных путей и защищенной эвакуации при условии сохраняющихся рисках вторичных угроз. Редкие, но клинически тяжелые сценарии химических поражений, зафиксированные в выборке, оправдывают поддержание минимально достаточного уровня токсикологической готовности (СИЗ, антидоты, деконтаминация), особенно в условиях хранения или перевозки опасных грузов [4–8]. На государственном уровне обеспечения безопасности от терактов на море полученные результаты согласуются с выводами литературы о необходимости дифференцированного применения комплекса мер по поддержанию безопасности морских судов и портовых сооружений (International Ship and Port Facility Security Code) и практик риск-ориентированного контроля в критических точках логистических цепочек [4, 7].

Наконец, полученные типологии задают направление для прогностических и оперативных приложений. Во-первых, они могут служить эталонными профилями для мониторинга смещений тактик (например, рост доли воору-

женных нападений в кластере с исторически низкими потерями). Во-вторых, они пригодны для расчета сценарных потребностей в ресурсах (коечный фонд, операционные, расходные материалы, турникеты, бандаж, ожоговые повязки) под конкретный портовый кластер. В-третьих, расширение признаков пространства за счет географии, типа судна, расстояния от берега, сезонности и параметров грузопотоков позволит уточнить профили рисков и перейти к многоуровневым моделям (кластеризация с регуляризацией, смешанные модели, байесовские иерархии) [9–15]. Все это может быть использовано для построения устойчивой, воспроизводимой аналитики, сопряженной с оперативными процедурами реагирования.

При этом результаты подтверждают, что морской терроризм формирует не один, а несколько качественно различных вариантов угроз, каждый из которых требует собственной медицинской и организационной тактики действий для формирования готовности. Зафиксированная фаза эскалации 2013–2016 гг. лишь подчеркивает, что способность системы здравоохранения гибко переключаться между режимами различной интенсивности медико-санитарных последствий является ключевым условием устойчивости.

**Заключение.** Проведенное исследование позволило на основе данных GTD (1970–2020 гг.) выделить устойчивые кластеры морских тер-

рористических актов, где были зафиксированы медико-санитарные последствия. Кластеризация событий выявила три характерных профиля: высокорисковый, связанный с применением взрывчатых веществ и взрывов против гражданских и силовых объектов; вооруженных нападений с ограниченными последствиями; а также теракты со сравнительно низким уровнем потерь. Установлено, что именно первый кластер формирует ядро медико-санитарных последствий, определяя пики смертности и ранений в 2013–2016 гг.

Результаты показывают, что морской терроризм не является однородным феноменом, а представляет собой совокупность разнородных тактик, каждая из которых накладывает специфические требования на систему медицинского реагирования. Для практики медицины катастроф полученные данные служат обоснованием для приоритизации ресурсов на сценарии массовых поражений взрывного характера, а также для разработки специализированных мер по реагированию на вооруженные нападения и теракты с применением химических веществ.

Таким образом, проведенный анализ расширяет эмпирическую базу знаний о морском терроризме, вносит вклад в развитие методов риск-ориентированной классификации событий и создает основу для совершенствования планирования медико-санитарного обеспечения морской безопасности.

#### Сведения об авторах:

*Шуленин Николай Сергеевич* – кандидат медицинских наук, начальник организационно-планового отдела Военно-научного комитета; Главное военно-медицинское управление Министерства обороны Российской Федерации; Россия, 119160, Москва, ул. Знаменка, д. 14; SPIN: 3497-2982; ORCID: 0009-0008-4567-9279; e-mail: shulenin.ns@gmail.com

*Лемешкин Роман Николаевич* – доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры организации и тактики медицинской службы, Военно-медицинская академия Министерства обороны Российской Федерации; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; профессор кафедры, Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова; Россия, 197341, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2; SPIN: 8660-5837; ORCID: 0000-0002-8291-6965; e-mail: lemeshkinroman@rambler.ru

*Мавренков Эдуард Михайлович* – доктор медицинских наук, председатель Военно-научного комитета; Главное военно-медицинское управление Министерства обороны Российской Федерации; Россия, 119160, Москва, ул. Знаменка, д. 14; SPIN: 8574-8891; ORCID: 0000-0001-8040-3720; e-mail: ehd-mavrenkov@yandex.ru

*Горичный Виктор Александрович* – кандидат медицинских наук, доцент кафедры организации здравоохранения и профилактической медицины ЧОУВО «Санкт-Петербургский медико-социальный институт»; начальник научно-исследовательской лаборатории (регистр инфекционной патологии и ВИЧ-инфицированных военнослужащих) научно-исследовательского отдела (Всеармейский медицинский регистр Министерства обороны Российской Федерации) Научно-исследовательского центра Военно-медицинской академии Министерства обороны Российской Федерации; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; SPIN: 9916-9660; ORCID: 0000-0003-4892-618X; e-mail: garik1501@mail.ru

#### Information about the authors:

*Nikolay S. Shulenin* – Cand. of Sci. (Med.), Head of the Organizational and Planning Department of the Military Scientific Committee; Main Military Medical Directorate of the Ministry of Defense of the Russian Federation; Russia, 119160, Moscow, Znamenka Str., 14; SPIN: 3497-2982; ORCID: 0000-0002-9715-0931; e-mail: shulenin.ns@gmail.com

**Roman N. Lemeshkin** – Dr. of Sci. (Med.), Associate Professor, Professor of the Department of Organization and Tactics of the Medical Service; Military Medical Academy of the Ministry of Defense of the Russian Federation; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; Prof. Department, National Medical research. Almazov Center; Russia, 197341, Saint Petersburg, Akkuratova Str., 2; SPIN: 8660-5837; ORCID: 0000-0002-8291-6965; e-mail: lemeshkinroman@rambler.ru

**Eduard M. Mavrenkov** – Dr. of Sci. (Med.), Chairman of the Military Scientific Committee; Main Military Medical Directorate of the Ministry of Defense of the Russian Federation; Russia, 119160, Moscow, Znamenka Str., 14; SPIN: 8574-8891; ORCID: 0000-0001-8040-3720; e-mail: ehd-mavrenkov@yandex.ru

**Viktor A. Gorichny** – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Health Organization and Preventive Medicine at the St. Petersburg Medical and Social Institute; Head of the Research Laboratory (Registry of Infectious Pathology and HIV-infected military personnel) Research Institute (All-Army Medical Register of the Ministry of Defense of the Russian Federation) of the Scientific Research Center; Military Medical Academy of the Ministry of Defense of the Russian Federation; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; SPIN: 9916-9660; ORCID: 0000-0003-4892-618X; e-mail: garik1501@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 – Э. М. Мавренков, Р. Н. Лемешкин; сбор данных – Н. С. Шуленин; подготовка рукописи – В. А. Горичный.

**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:** EdMM, RNL contribution to the concept and plan of the study. NSSh contribution to data collection. VAG 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: 20.09.2025

Принята к печати/Accepted: 15.12.2025

Опубликована/Published: 30.12.2025

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. LaFree G., Dugan L. Introducing the Global Terrorism Database. *Terrorism and Political Violence*, 2007, Vol. 19, No. 2, pp. 181–204.
2. START. Global Terrorism Database (GTD) Codebook: Methodology and Variables. University of Maryland, 2022, 147 p.
3. LaFree G., Yang S. M. The Impact of Global Trends on Terrorism. *International Journal of Comparative and Applied Criminal Justice*, 2010, Vol. 34, No. 1, pp. 1–19.
4. Bueger C. What is Maritime Security? *Marine Policy*, 2015, Vol. 53, pp. 159–164.
5. Lehr P. (ed.). *Violence at Sea: Piracy in the Age of Global Terrorism*. London: Routledge; 2006, 287 p.
6. Евдокимов В.И. Медико-биологические последствия терроризма в мире: монография / Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А. М. Никифорова МЧС России, Санкт-Петербургский медико-социальный институт. СПб.: Измайловский, 2024. 101 с. (Серия «Чрезвычайные ситуации в мире и России»; вып. 3) [Evdokimov V. I., Medical and biological consequences of terrorism in the world: a monograph / A. M. Nikiforov All-Russian Center for Emergency and Radiation Medicine of the Ministry of Emergency Situations of Russia, St. Petersburg Medical and Social Institute. St. Petersburg: Izmailovsky, 2024. 101 p. (Series “Emergencies in the world and Russia”; issue 3) (In Russ.)].
7. Евдокимов В. И. Терроризм и его медико-биологические последствия в мире (2011–2020 гг.) // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2024. № 1. С. 14–33 [Evdokimov V. I., Terrorism and its medical and biological consequences in the world (2011–2020). *Med.-biol. and social psychology. security probation in Russia. situations*, 2024, No. 1, pp. 14–33 (In Russ.)]. doi: 10.25016/2541-7487-2024-0-1-14-33.
8. Шуленин Н. С., Мавренков Э. М., Шуленин К. С., Киселев В. С. Морской терроризм в цифрах: анализ терактов, угроз и перспектив противодействия // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 2. С. 120–134 [Shulenin N. S., Mavrenkov E. M., Shulenin K. S., Kiselyov V. S. Maritime terrorism in figures: analysis of terrorist attacks, threats and prospects of counteraction. *Marine medicine*, 2025, Vol. 11, No. 2, pp. 120–134 (In Russ.)]. doi: 10.22328/2413-5747-2025-11-2-120-134. EDN XIQEPQ.
9. Шуленин Н. С., Лемешкин Р. Н., Мавренков Э. М., Шуленин С. Н. Структура и последствия морских террористических актов: данные для оценки рисков и планирования медицинского реагирования // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 3. С. 93–110 [Shulenin N. S., Lemeshkin R. N., Mavrenkov E. M., Shulenin S. N. Structure and consequences of maritime terrorist acts: data for risk assessment and medical response planning. *Marine medicine*, 2025, Vol. 11, No. 3, pp. 93–110 (In Russ.)]. doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-3-93-110>; EDN: <https://eLibrary.ru/KAELVA>.
10. Murphy M. *Contemporary Piracy and Maritime Terrorism: The Threat to International Security*. London: Routledge; 2007, 224 p.

11. Klein N. *Maritime Security and the Law of the Sea*. Oxford: Oxford University Press; 2011, 372 p.
12. Raymond C. Z. Maritime Terrorism in Southeast Asia: A Risk Assessment. *Terrorism and Political Violence*, 2009, Vol. 21, No. 2, pp. 274–293.
13. Kaufman L., Rousseeuw P.J. *Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis*. New York: Wiley; 2005, 368 p.
14. MacQueen J. Some Methods for Classification and Analysis of Multivariate Observations. *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, 1967, Vol. 1, pp. 281–297.
15. Rousseeuw P. J. Silhouettes: A Graphical Aid to the Interpretation and Validation of Cluster Analysis. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 1987, Vol. 20, pp. 53–65.
16. Calinski T., Harabasz J. A Dendrite Method for Cluster Analysis. *Communications in Statistics*, 1974, Vol. 3, No. 1, pp. 1–27.
17. Davies D. L., Bouldin D. W. A Cluster Separation Measure. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1979, Vol. PAMI-1, No. 2, pp. 224–227.
18. Jolliffe I. T., Cadima J. Principal Component Analysis: A Review and Recent Developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 2016, Vol. 374, № 2065, pp. 20150202.
19. Pedregosa F., Varoquaux G., Gramfort A., Michel V., Thirion B., Grisel O., Blondel M., Prettenhofer P., Weiss R., Dubourg V., Vanderplas J., Passos A., Cournapeau D., Brucher M., Perrot M., Duchesnay É. Scikit-learn: Machine Learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*, 2011, Vol. 12, pp. 2825–2830.

# ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ПОДХОДОВ К ОБРАБОТКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕСТОВОЙ КАРТЫ САН: ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ / ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СООБЩЕНИЕ 1. ОБЩИЕ СВОЙСТВА И ВЕКТОРНЫЙ ПОДХОД

<sup>1, 2</sup> И. Л. Мызников\*, <sup>2</sup> Д. Ю. Рогованов

<sup>1</sup> Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины  
Федерального медико-биологического агентства, Санкт-Петербург, Россия

**ВВЕДЕНИЕ.** В практике самооценки состояния у моряков и спортсменов часто используют хорошо зарекомендовавший себя, простой и информативный тест САН (Самочувствие – Активность – Настроение), который не требует больших затрат времени на свою реализацию, но позволяет косвенно (качественно и количественно) характеризовать выраженность и формирование астенических реакций (появление утомления) на определенных этапах исследования.

**ЦЕЛЬ.** Анализ некоторых аспектов применения карты самооценки состояния САН и исследовательских возможностей в описании результатов ее применения.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Рассмотрены вопросы, связанные с применением широко распространенного вопросника САН. Авторы на практических примерах показывают возможные подходы к оценке балльных шкал, а также тестовую карту как многокритериальную задачу.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** В статье представлены варианты решения этой многокритериальной диагностической задачи на основе векторной алгебры, обобщенного критерия, структурного анализа и функции Харрингтона.

**ОБСУЖДЕНИЕ.** Использование этих способов в моделировании эксперимента позволяет не только более объективно оценить уровень самооценки состояния испытуемым, но и объективно ранжировать наблюдения как в оцениваемой группе, так и в динамике на этапах эксперимента.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Тест самооценки состояния САН имеет некоторые особенности, которые в настоящее время не учитываются, однако влияют на итоговую оценку результатов тестирования. Применение векторного подхода к САН может нести больше объективной диагностической информации при анализе ее результатов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** морская медицина, моряки, высокие широты, самооценка состояния, тест САН, самочувствие, активность, настроение, многопараметрическая задача

\*Для корреспонденции: Мызников Игорь Леонидович, e-mail: [myznikov.il@yandex.ru](mailto:myznikov.il@yandex.ru)

\*For correspondence: Igor L. Myznikov, e-mail: [myznikov.il@yandex.ru](mailto:myznikov.il@yandex.ru)

**Для цитирования:** Мызников И. Л., Рогованов Д. Ю. Применение новых подходов к обработке результатов тестовой карты САН: диагностические / прогностические исследования. Сообщение 1. Общие свойства и векторный подход // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 4. С. 139–145, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-139-145>; EDN: <https://elibrary.ru/TILNQ7>

**For citation:** Myznikov I. L., Rogovanov D. Yu. Application of new approaches to processing the results of “SAN” test card: diagnostic / prognosis studies. Report 1. General properties and vector approach // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, № 4. P. 139–145, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-139-145>; EDN: <https://elibrary.ru/TILNQ7>



# APPLICATION OF NEW APPROACHES TO PROCESSING THE RESULTS OF “SAN” TEST CARD: DIAGNOSTIC / PROGNOSIS STUDIES

## REPORT 1. GENERAL PROPERTIES AND VECTOR APPROACH

<sup>1,2</sup> Igor L. Myznikov\*, <sup>2</sup> Dmitry Yu. Rogovanov

<sup>1</sup> Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

<sup>2</sup> Research Institute of Industrial and Marine Medicine of the Federal Medical Biological Agency, Saint Petersburg, Russia

**INTRODUCTION.** In the practice of self-assessment of the state of sailors and athletes, a well-proven simple and informative test “SAN” (“Well-being, Activity, Mood”) is often used, which does not require a lot of time for its implementation, but allows indirectly (qualitatively and quantitatively) to characterize the severity and development of asthenic reactions (the appearance of fatigue) at certain stages of the study.

**OBJECTIVE.** Analysis of some aspects of the application of the self-assessment card “SAN” and research opportunities in describing the results of its application.

**MATERIALS AND METHODS.** This article examines issues related to the use of the widely used “Well-Being, Activity, and Mood” questionnaire. The authors use practical examples to examine possible approaches to assessing scoring scales, as well as the test card as a multi-criteria task.

**RESULTS.** The article presents solutions to this multi-criteria diagnostic problem based on vector algebra, a generalized criterion, structural analysis, and the Harrington function.

**DISCUSSION.** The use of these methods in modeling the experiment allows for a more objective assessment of the level of self-assessment of the state of the subject, and also for an objective ranking of observations, both in the assessed group and in the dynamics at the stages of the experiment.

**CONCLUSION.** The SAN self-assessment test has some features that are currently not considered but influence the final assessment of test results. Applying a vector approach to the SAN test may yield more objective diagnostic information when analyzing its results.

**KEYWORDS:** marine medicine, maritime medicine, sailors, high latitudes, self-assessment, SAN test, well-being, activity, mood, multiparameter task

**Введение.** В практике самооценки состояния у моряков и спортсменов часто используют хорошо зарекомендовавший себя простой и информативный тест САН (Самочувствие – Активность – Настроение)<sup>1</sup> [1, 2], который не требует больших затрат времени на свою реализацию, но достаточно информативен. В сочетании с некоторыми дополнительными вопросниками тест САН позволяет косвенно (качественно и количественно) характеризовать выраженность и формирование астенических реакций (появление утомления) на определенных этапах исследования [2, 3]. Достаточно широк и диапазон моделирования параметрами этой методики, и классификации состояния испытуемых, что ранее было продемонстрировано в модели марковских процессов [2].

**Цель.** Анализ некоторых аспектов применения карты самооценки состояния САН и иссле-

довательские возможности в описании результатов ее применения.

**Материалы и методы.** Диагностической основой методики САН являются 30 пар противоположных по смыслу лингвистических определений, позволяющих тестируемому кратко описать свое состояние [1]. Как известно, эта методика по результатам обработки формирует три основные шкалы, которые именуются: Самочувствие (С), Активность (А) и Настроение (Н). Шкалы методики анализируются как отдельно С, А и Н, так и встречаются в работах как сумма баллов за всю тестовую карту (интегральное состояние):  $CAN = C + A + H$ .

Для демонстрации возможностей описания трехпараметрической тестовой шкалы САН использованы материалы самооценки моряков до и после 40-дневного морского похода ( $n = 77$ ) в высоких широтах.

В последние годы на примере ряда исследований нами продемонстрирована эффективность применения геометрического анализа данных, который, как мы успели убедиться, имеет высокий потенциал для исследования показателей, учитываемых в эксперименте [4–7]. Векторный

<sup>1</sup>Довгуша В. В., Мызников И. Л. Отдых на этапах учебно-боевой деятельности подводников: [пособие для врачей ВМФ]. изд. 2-е, перераб. и доп. СПб.: ООО «Пресс-Сервис», ФГУП НИИ промышленной и морской медицины ФМБА России. 2010. 224 с.

анализ, в соответствии с правилами сложения векторов, представляет собой расчет суммы векторов, образованных показателями (шкалами) теста (С, А и Н) в виде векторов в трехмерном пространстве, сумма которых равна величине суммарного вектора (рис. 1).

Для построения вектора теста САН (VektСАН, по основным трем шкалам), отражающего исследуемые свойства в трехмерной системе координат, по оси Y нами откладывалось значение А (Активность), по оси X – значение С (Самочувствие), а по оси Z – Н (Настроение). Длина вектора с координатами {0, 0, 0} – основание вектора VektСАН, а точка с координатами {С; А; Н} – вершина вектора VektСАН (см. рис. 1) отражает выраженность С, А и Н по результатам самооценки своего состояния испытуемым.

Математические операции с векторами проводили в соответствии с правилами векторной алгебры [1, 2]. Длину (величину) VektСАН рассчитывали по формуле:

$$|\text{VektСАН}| = \sqrt{C^2 + A^2 + H^2}$$

Векторный подход позволяет оперировать как индивидуальными, так и средними выборочными данными в группе наблюдений.

Были рассчитаны производные величины распределения случайной величины, в том числе AVER – среднее значение;  $m_x$  – ошибка среднего значения; коэффициент вариации – Cv; парная корреляция критерием r-Spearman (Spearman Rank Order Correlations). Определялись границы нижнего (QL) и верхнего (QU) квантилей распределения, где лежит 50 % наблюдений. Само распределение случайной величины структурировано перцентилями ( $P^{0,025}$  и  $P^{0,975}$ ) для диапазона, где находится 95 % наблюдений.

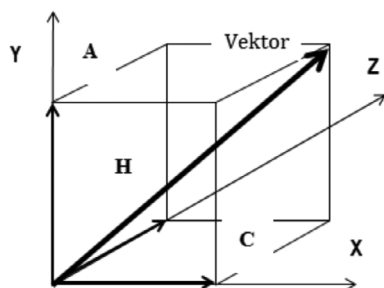


Рис. 1. Векторное представление результатов одного тестирования

Fig. 1. Vector representation of the results of one test

**Результаты.** Перед описанием новых подходов к анализу теста САН следует обратить внимание на то, что, описывая результаты бланкового тестирования, которые выражаются в баллах, некоторые авторы забывают, что балльная шкала не непрерывная, а дискретная. Следовательно, представлять результат по шкале тестовой карты «средним значением» не совсем корректно. Как можно посчитать среднее значение при индивидуальном тестировании между понятиями «самочувствие хорошее», «чувствую себя сильным», «работоспособный», «полный сил» и т. д.? Правильнее учитывать сумму набранных баллов (например, 54 балла) при ответах на группы противоположных утверждений, относящихся к одной из шкал, а не среднее за шкалу (указывать «5,4 балла» – неправильно!). Например, результаты тестирования одного моряка на этапе могут быть прописаны: С = 54, А = 48, Н = 58, САН = 160.

Результаты группового тестирования также некорректно описывать производными величинами распределения как «среднее ± ошибка среднего» по той же причине, что первичный результат оценивается в баллах. Следует понимать, что ошибки среднего выборочного значения для дискретной шкалы не существует! При анализе результатов группового тестирования допустимо рассчитать средний балл по группе (среднее) и коэффициент вариации как согласованность самооценки состояния испытуемыми. Целесообразно указывать максимальные (MAX), минимальные (MIN), а также модальные значения в группе. Они важны для понимания диапазона распределения, так же как значения QL и QU или перцентили ( $P^{0,025}$  и  $P^{0,975}$ ). Соответственно, для представления данных по результатам тестирования картой САН необходимо использовать инструменты, обычно применяемые для анализа распределений, не всегда обладающих нормальностью (табл. 1).

У одноименных показателей между этапами плавания (До → После) регистрировали умеренную корреляцию в диапазоне средних значений коэффициента корреляции без признаков взаимного влияния ( $r^2 < 0,40$ ). То есть динамика показателя на этапах исследования не зависела от фоновых величин и формировалась преимущественно под воздействием неконтролируемых факторов.

Таблица 1

## Производные величины показателей у моряков до и после длительного морского похода

Table 1

## Derived values of the discussed indicators for sailors before and after a long sea voyage

Этап	Показатель	Характеристика распределения	
		AVER [QL; QU]	[P <sub>2.5</sub> ; P <sub>97.5</sub> ]
До/Before	С	50,74 [47; 56]	[33; 66]
	А	44,05 [39; 50]	[27; 57]
	Н	48,51 [42; 55]	[29; 67]
	САН	143,30 [130; 59]	[100; 185]
	VektСАН	83,26 [76,09; 92,48]	[58,65; 106,63]
После/After	С	42,84 [37; 48] *	[29; 59]
	А	40,44 [36; 45] *	[26; 51]
	Н	46,29 [42; 50] **	[26; 63]
	САН	129,57 [76; 92] ***	[59; 106]
	VektСАН	75,37 [69,07; 82,39] ***	[53,45; 99,42]

Примечание: QL и QU – границы нижнего и верхнего квартилей, P<sub>2.5</sub> и P<sub>97.5</sub> – границы перцентилей, включенные в диапазон, в пределах которых лежит 95 % элементов выборки наблюдений. Уровни значимости различий (До → После): \* – p < 0,05; \*\* – p < 0,01 \*\*\* – p < 0,001

Note: QL and QU are the boundaries of the lower and upper quartiles, P<sub>2.5</sub> and P<sub>97.5</sub> are the boundaries of the percentiles included in the range within which 95 % of the elements of the observation sample lie. Levels of significance of differences (Before → After): \* – p < 0.05; \*\* – p < 0,01 \*\*\* – p < 0.001

В табл. 1, представляя результаты анализа С, А, Н и САН, мы оперировали дробными значениями средних выборочных показателей, демонстрируя среднее значение балла в группе, а границы коридоров квантилей и перцентилей – целыми значениями, так как балл сам по себе – целое число. При анализе на основе векторной алгебры следует указывать длину вектора (VektСАН), которая может иметь дробную составляющую.

Компьютерный комплекс для психофизиологического тестирования – НС-психотест (ООО «Нейрософт», г. Иваново) предлагает следующие пороговые значения и интерпретацию состояния в шкалах, преобразованных от 1 до 7 баллов: менее 4 – неблагоприятное; 4–5 – умеренное; более 5 – благоприятное. Это является следствием пересчета набранных по шкале баллов в среднюю за шкалу величину, что ошибочно. Ошибкой этого алгоритма следует считать и предлагаемое лингвистическое шкалирование. Сама организация показателей С, А и Н по баллам сформирована так, что в диапазон «неблагоприятное» попадут значения не < 4, а от 1 до 4. Даже средняя величина одной шкалы не может быть < 1, как и средняя величина балла за шкалу (правильнее – 10) не может меньше, так как ответ на каждую из 10 пар противоположных по содержанию слов при минимальном оценивании уже дает 1 балл

в сумму каждой пары слов. Противоположные по смыслу определения состояния могут в своих оценках колебаться от 1 до 7, а рассчитывать среднее значение некорректно, о чем было сказано выше. Для придания потребной формы, по нашему мнению, баллы границ диапазонов шкалы можно было бы обозначить как 10, 40, 50, 70 баллов.

При сравнении этапов исследования по показателю САН (суммарный балл за три показателя), когда возникает необходимость рассчитать относительную ошибку:  $dX = (X^2 - X^1)/X^1$ , может возникнуть искусственное занижение результата, так как сумма баллов уже содержит в себе «фундаментальные» 30 баллов, ниже которых она быть не может. А каждый показатель в отдельности (С, А и Н) содержит в себе по 10 таких баллов. Если вновь обратиться к примеру, то целесообразно при использовании этих шкал приводить их к «выведенным» величинам. Например, вместо аС = 54 (абс. балла) – вС = 54 - 10 = 44 (выведенных балла), аА = 48 (абс. балла) – вА = 48 - 10 = 38 (выведенных балла), аН = 58 (абс. балла) – вН = 58 - 10 = 48 (выведенных балла), аСАН = 160 (абс. балла) – вСАН = 160 - 30 = 130 (выведенных балла).

Пример индивидуального теста с выведенными баллами представлен в табл. 2.

**Обсуждение.** Динамика показателя в расчетах базового коэффициента прироста суще-

Таблица 2

Пример индивидуального теста

Table 2

An example of an individual test

Показатель	аС	аА	аН	аСАН	вС	вА	вН	вСАН
Этап 1	52	57	51	160	42	47	41	130
Этап 2	58	49	50	157	48	39	40	127
dX, абс	0,115	-0,14	-0,02	-0,019	0,143	-0,17	-0,024	-0,023
в %	11,5	-14	-2	-1,9	14,3	-17	-2,4	-2,3

Примечание: Сокращения – по тексту  
Note: Abbreviations are based on the text

Таблица 3

Результаты тестирования до и после морского похода и их индивидуальная величина структурных различий

Table 3

The test results before and after the sea voyage and their individual magnitude of structural differences

Показатель	До выхода в море					После выхода в море				
	С	А	Н	САН	VektСАН	С	А	Н	САН	VektСАН
{1}	52	38	46	136	79,15	52	41	45	138	80,06
{2}	61	57	57	175	101,09	42	39	49	130	75,41
{3}	60	57	37	154	90,65	38	40	40	118	68,15
{4}	51	45	54	150	86,84	48	36	39	123	71,56
{5}	53	48	55	156	90,21	45	46	56	147	85,31
{6}	48	37	46	131	76,09	38	37	40	115	66,43
{7}	50	48	46	144	83,19	51	48	44	143	82,71
{8}	61	50	57	168	97,31	48	47	50	145	83,74
{9}	60	52	59	171	98,92	48	43	54	145	84,08

ственно изменит эту величину, которая зани-  
жается из-за «лишних» 10 баллов.  
Аналогичный подход следует учитывать  
и при нормировании выраженности признака  
показателя, когда при подобном варианте нор-  
мирования результаты могут быть отнесены  
к средним значениям, значениям выше и ниже  
среднего, крайне высоким и крайне низким [8].  
Наличие нескольких основных шкал в тесте  
позволяет применить к его общей оценке век-  
торную алгебру [4, 9]. Три показателя теста  
(Самочувствие, Активность и Настроение)  
формируют три вектора в трехмерной систе-  
ме координат: {X} (С), {Y} (А) и {Z} (Н), суммой  
которых будет вектор, выходящий из точки 0  
системы координат и имеющий вершину {X;  
Y; Z}. Величины показателей могут повлиять  
на его длину. Их сложение с целью получения  
итоговой величины дает комплексную вели-

чину, основанную на геометрической сум-  
ме векторов, образованных показателями С,  
А и Н. Смещение вектора на этапах исследо-  
вания эквивалентно величине нагрузки, ко-  
торую испытал организм в пределах иссле-  
дуемого периода воздействия [4]. У моряков  
самооценка состояния менялась в зависимо-  
сти от эволюции их функционального образа.  
В табл. 3 представлены результаты расчета  
алгебраической величины суммарного векто-  
ра (VektСАН).  
Обработка выборки значений величины  
VektСАН может быть осуществлена tradi-  
ционно. Более того, эта комплексная величина  
переводит трехкритериальную задачу (крите-  
рии: С, А, Н) в однокритериальную и нормали-  
зует распределение.  
**Заключение.** Таким образом, карта самоо-  
ценки состояния САН имеет некоторые осо-

бенности, которые в настоящее время не учитываются, однако влияют на итоговую оценку результатов тестирования. Применение векторного подхода к САН может нести больше объективной диагностической информации при анализе ее результатов.

#### Сведения об авторах:

*Мызников Игорь Леонидович* – кандидат медицинских наук, доцент кафедры нормальной физиологии, Военно-медицинская академия; Россия, 194044, ул. Академика Лебедева, д. 6; SPIN: 7225-3112; ORCID: 0009-0004-4308-5531; e-mail: myznikov.il@yandex.ru

*Рогованов Дмитрий Юрьевич* – кандидат медицинских наук, заместитель директора по научной работе, Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины Федерального медико-биологического агентства; Россия, 196143, Санкт-Петербург, Юрия Гагарина пр., д. 65, лит. А; SPIN: 3153-4647; ORCID: 0000-0002-2944-7733; e-mail: rdy-71@mail.ru

#### Information about the authors:

*Igor L. Myznikov* – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Normal Physiology, Military Medical Academy; Russia, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; SPIN: 7225-3112; ORCID: 0009-0004-4308-5531; e-mail: myznikov.il@yandex.ru

*Dmitry Yu. Rogovanov* – Cand. of Sci. (Med.), Deputy Director for Research, Research Institute of Industrial and Marine Medicine, Federal Medical and Biological Agency; Russia, 196143, Saint Petersburg, Yuriy Gagarin Ave., 65, Liter A; SPIN: 3153-4647; ORCID: 0000-0002-2944-7733; e-mail: rdy-71@mail.ru

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

*Наибольший вклад распределен следующим образом:* концепция и дизайн исследования, сбор, обработка материала и математическое моделирование, написание текста – И. Л. Мызников; написание текста и редактирование – Д. Ю. Рогованов.

**Authors' contributions.** All authors according to the ICMJE criteria participated in the development of the concept of the article.

*Special contribution:* ILM the concept and design of research, collection, processing of material and mathematical modeling. DYUR text writing and editing.

**Потенциальный конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

**Финансирование:** исследование проведено по государственному заданию № 388-03-2025-092 от 24.01.2025.

**Funding:** The study was conducted according to state assignment № 388-03-2025-092 от 24.01.2025.

Поступила/Received: 15.10.2025

Принята к печати/Accepted: 15.12.2025

Опубликована/Published: 30.12.2025

## ЛИТЕРАТУРА/ REFERENCES

1. Доскин В. А., Лаврентьева Н. А., Мирошников М. Н., Шарай В. В. Тест дифференциальной самооценки функционального состояния // *Вопросы психологии*. 1973. № 6. С. 141–145 [Doskin V. A., Lavrentieva N. A., Miroshnikov M. N., Sharai V. V. Test of differential self-assessment of functional state. *Questions of psychology*, 1973, № 6, pp. 141–145 (In Russ.)].
2. Мызников И. Л., Рогованов Д. Ю. Особенности самооценки состояния подводниками в различные периоды учебно-боевой деятельности (применение марковских процессов в психологии) // *Морской медицинский журнал*. 2000. № 1. С. 17–21 [Myznikov I. L., Rogovanov D. Yu. Features of self-assessment of the state of submariners in various periods of combat training (application of Markov processes in psychology). *Marine Medical Journal*, 2000, № 1, pp. 17–21 (In Russ.)].
3. Мызников И. Л. Информационная модель развития адаптации // *Физиология человека*. 1995. Т. 21, № 4. С. 63–68 [Myznikov I. L. Information model of adaptation development. *Human Physiology*, 1995, Vol. 21, № 4, pp. 63–68 (In Russ.)].
4. Выгодский М. Я. Справочник по высшей математике. 13-е изд., М.: Физматлит; 1995. 872 с. [Vygodsky M. Ya. Handbook of Higher Mathematics. 13th ed., Moscow: Fizmatlit; 1995, 872 p. (In Russ.)].
5. Мызников И. Л., Кабанов М. В., Архипенко (Бут) Е. А., Лункин А. Н., Токарев А. Ю. Анализ изменения уровня лактата в периферической крови при физическом тестировании с применением векторной алгебры. *Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: Инновационные технологии в системе спортивной подготовки, массовой физической культуры и спорта*. СПб: Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт физической культуры; 2019. С. 97–101 [Myznikov I. L., Kabanov M. V., Arkhipenko (Booth) E. A., Lunkin A. N., Tokarev A. Yu. Analysis of changes in lactate levels in peripheral blood in physical testing using vector algebra. *Collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation: Innovative technologies in the system of sports training, mass physical culture and sports*. Saint Petersburg: Saint Petersburg Scientific Research Institute of Physical Culture; 2019, pp. 97–101 (In Russ.)].

6. Мызников И. Л., Королев Ю. Н., Жильцова И. И., Истомин А. Е. Анализ реакций организма человека на гипоксическую тренировку с применением векторной алгебры // *Итоговая научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава Военного института физической культуры за 2019 год, посвященная Дню российской науки*. Под ред. В. Л. Пашута [сборник материалов]. СПб.: ВИФК, 2020. С. 7–14. [Myznikov I.L., Korolev Yu.N., Zhiltsova I.I., Istomin A.E. Analysis of the reactions of the human body to hypoxic training using vector algebra // *Final scientific and practical conference of the teaching staff of the Military Institute of Physical Training for 2019, dedicated to the Day of Russian Science*. Ed.: V. L. Pashut [collection of materials]. St. Petersburg, MIPT, 2020, pp. 7–14 (In Russ.)].
7. Мызников И. Л., Кравцов А. И., Жильцова И. И., Марцинкевич Е. Д. Описание результатов функционального физического тестирования на основе векторной алгебры // *XV Международная научная конференция по вопросам состояния и перспективам развития медицины в спорте высших достижений «СпортМед-2020», 10–11 декабря 2020 г., Москва [сборник материалов]*. С. 51–53 [Myznikov I. L., Kravtsov A. I., Zhiltsova I. I., Martsinkevich E. D. Description of the results of functional physical testing based on vector algebra. XV International Scientific Conference on the state and prospects of development of medicine in high-performance sports «SportMed-2020», December 10–11, 2020, Moscow [collection of materials], pp. 51–53 (In Russ.)].
8. Клиот-Данишевский М. И. Алгебра матриц и векторов. 2-е изд. СПб.: Лань; 1998. 160 с. [Klimot-Danishkevsky M. I. Algebra of matrices and vectors. 2nd ed. St. Petersburg: Lan; 1998, 160 p. (In Russ.)].



КЛИНИКА СЕМЕЙНОЙ МЕДИЦИНЫ

+7 (988) 150 10 23

+7 (862) 259 18 19

г. Сочи, ул. Пирогова, 10



ВСЕ ВАКАНСИИ

**ПРИГЛАШАЕТ НА РАБОТУ  
ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ  
СПЕЦИАЛИСТОВ  
В МЕДИЦИНСКИЙ ЦЕНТР  
САНАТОРИЯ “ЗАПОЛЯРЬЕ”  
В Г. СОЧИ**



▼  
ДОСТОЙНАЯ  
ЗАРАБОТНАЯ  
ПЛАТА

▼  
ДМС

▼  
КОМПЕНСАЦИЯ  
АРЕНДЫ ЖИЛЬЯ  
ИНОГОРОДНИМ\*

▼  
БЕСПЛАТНЫЕ  
КОМПЛЕКСНЫЕ  
ОБЕДЫ

▼  
БЕСПЛАТНЫЙ  
ТРАНСФЕР

\*КОМПЕНСАЦИЯ АРЕНДЫ ЖИЛЬЯ РАССМАТРИВАЕТСЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СОБЕСЕДОВАНИЯ



## КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ/ CLINICAL CASE

УДК: 614.4

doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-146-150>

### СЛУЧАЙ ГРУППОВОГО ЗАБОЛЕВАНИЯ COVID-19 НА БОРТУ ТОРГОВОГО ОКЕАНСКОГО СУДНА

*К. В. Логунов*

Клиника высоких медицинских технологий имени Н. И. Пирогова Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербург, Россия  
«Медикон», Санкт-Петербург, Россия

Эпидемиологические закономерности распространения инфекционных заболеваний в малых замкнутых группах и изолированных коллективах очень важны для понимания особенностей медицинского обслуживания работников на судах. Приведенный в наблюдении случай группового заболевания COVID-19 в экипаже океанского торгового судна раскрывает ограниченность современных знаний эпидемиологических закономерностей распространения опасной инфекции, демонстрирует условность известных маркеров устойчивости человека к заражению SARS-CoV-2, подтверждает важность карантинно-ограничительных мероприятий в предупреждении распространения коронавируса.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** морская медицина, COVID-19, эпидемия на борту судна, телемедицина

**Для корреспонденции:** Логунов Константин Валерьевич, e-mail: [logunov@mail.ru](mailto:logunov@mail.ru)

**For correspondence:** Konstantin V. Logunov, e-mail: [logunov@mail.ru](mailto:logunov@mail.ru)

**Для цитирования:** Логунов К. В. Случай группового заболевания COVID-19 на борту торгового океанского судна // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 4. С. 146–150, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-146-150>; EDN: <https://elibrary.ru/GWXPIB>

**For citation:** Logunov K. V. Cluster case of COVID-19 on board merchant ocean vessel // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, No. 4. P. 146–150, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-4-146-150>; EDN: <https://elibrary.ru/GWXPIB>

### CLUSTER CASE OF COVID-19 ON BOARD MERCHANT OCEAN VESSEL

*Konstantin V. Logunov*

N. I. Pirogov University Clinic, Saint Petersburg University Medicon LLC

Epidemiological patterns of infectious disease spread in small, closed groups and isolated communities are crucial for understanding the specifics of medical care for workers on board ships. This case of a cluster of COVID-19 cases among the crew of an ocean-going merchant vessel reveals the limitations of current knowledge regarding the epidemiological patterns of the spread of this dangerous infection, demonstrates the tentativeness of known markers of human resistance to SARS-CoV-2 infection, and confirms the importance of quarantine and restrictive measures in preventing the spread of the coronavirus.

**KEYWORDS:** marine medicine, maritime medicine, COVID-19, epidemic on board a ship, telemedicine

**Введение.** Особенности организации производства на современном торговом флоте существенно ограничивают возможности полноценного медицинского обслуживания работников: суда с двумя десятками человек на борту бороздят океаны на удалении многих тысяч миль

© Авторы, 2025. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины» Федерального медико-биологического агентства Российской Федерации. 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>

от берега, продолжительность рейсов измеряется месяцами, присутствие медработника в коллективе не предусмотрено [1]. В таких условиях, кроме всего прочего, огромное значение имеет противоэпидемическое обеспечение, недопущение заноса инфекции и распространения его по судну.

Публикуемое наблюдение призвано, с одной стороны, указать на не всегда очевидные трудности организации медицинской помощи на борту судна, а с другой – привлечь внимание к малоизученным аспектам эпидемиологии новой коронавирусной инфекции, затрудняющим эффективное сдерживание эпидемического процесса.

**Описание клинического случая.** В первой декаде июня 2021 г. в иностранном порту была произведена смена экипажа нефтеналивного океанского танкера: вновь прибыло 17 человек, из прежнего состава команды продолжили работу четверо. Все вновь прибывшие перед отправкой в рейс прошли двухнедельную обсервацию и двукратное ПЦР-тестирование на присутствие РНК коронавирусов SARS-CoV-2 (COVID-19) в соответствии с требованиями, установленными судоходной компанией. К месту посадки на судно экипаж добирался авиатранспортом с двумя пересадками. В составе вновь прибывшей группы был 1 человек, в феврале-марте 2021 г. переболевший COVID-19 в среднетяжелой форме (лечение в стационаре, диагноз верифицирован), и 6, которые в марте-апреле были привиты от новой коронавирусной инфекции вакциной «Спутник V».

На 9-й день после размещения на судне выявлены 2 больных острой респираторной вирусной инфекцией (ОРВИ): старший механик Алексей Н., 44 лет, ранее переболевший COVID-19, и электромеханик Андрей Е., 48 лет, привитый от коронавируса в марте 2021 г. У Алексея Н. клиническая картина была ярко выражена (ощущение озноба, слабость, раздражение слизистой оболочки верхних дыхательных путей, кашель, умеренное повышение температуры тела), у Андрея Е. симптомы носили стертый характер и основным проявлением болезни было умеренное повышение температуры тела. Оба пациента связывали свое заболевание с переохлаждением накануне: после продолжительной работы в душном помещении машинного отделения они долгое время отдыхали под струей холодного воздуха из кондиционера. Капитан

танкера обратился за помощью в службу радио-медицинских консультаций для судов.

Врач-консультант предположил ОРВИ. Учитывая информацию о недавно перенесенном коронавирусном заболевании одним из пациентов и о вакцинации другого, вероятность COVID-19 признана сомнительной. Однако по общему правилу, заставляющему при объявленной пандемии все случаи ОРВИ считать новой коронавирусной инфекцией до тех пор, пока не будет доказано обратное, пациентов было рекомендовано изолировать, а по судну объявить строгие карантинно-ограничительные меры в соответствии с практикой, установленной для подобных случаев в компании. Обоим больным предложено лечение, обычное для ОРВИ (отдых, обильное питье, жаропонижающие по показаниям, периодический контроль основных показателей жизненных функций: пульс, артериальное давление, температура тела и частота дыхания).

Через пару дней на судне появился еще один больной с симптомами ОРВИ и повышением температуры тела – 3-й помощник капитана Павел Н., 35 лет, ранее не болевший и не привитый от COVID-19. Его также изолировали в отдельной каюте. В этот же день на судно были доставлены наборы (для бытового использования) для экспресс-тестирования на антиген коронавируса. При исследовании биоматериалов, полученных со слизистой оболочки носа и из зева всех членов команды, обнаружено присутствие антигена SARS-CoV-2 у Андрея Е. – одного из первой двойки пациентов, ранее привитого от новой коронавирусной инфекции. Для Андрея Е. это были 3-и сутки заболевания. У заболевшего в этот день Павла Н. был отрицательный результат при экспресс-тестировании. Еще через сутки привитый 36-летний старший помощник капитана Григорий Ф. потерял обоняние, каких-либо иных нарушений у него не отмечено. Экспресс-тестирование, выполненное на этот раз, дало положительные результаты у Павла Н. и Григория Ф. В последующие дни экспресс-тестирование несколько раз подтверждало выделение антигена SARS-CoV-2 в биоматериалах Павла Н. (для него это были 6, 9 и 12-е сутки после появления первых симптомов).

Из 4 заболевших наиболее выраженные симптомы присутствовали у первого пациента – старшего механика Алексея Н. Температура



у него поднималась до 38 °С, эпизоды повышения температуры наблюдались около недели, мучил сухой кашель, чувство нехватки воздуха, ощущения, со слов пациента, ничем не отличались от тех, что он испытал в феврале-марте, когда проходил стационарное лечение в специализированном по COVID-19 инфекционном отделении. При этом частота пульса оставалась в пределах 80–90 уд./мин, частота дыхания не превышала 12 в мин., бытовой пульсоксиметр (после перенесенного заболевания пациент всегда возит его с собой) показывал уровень сатурации не ниже 94 %. У 2 пациентов – Андрея Е. и Павла Н. – симптомы были едва выражены, за исключением повышения температуры тела до 37,5 °С. У Григория Ф. единственным болезненным проявлением оказалась потеря обоняния. У всех, кроме ранее переболевшего Алексея Н., экспресс-тестирование определило присутствие антигена коронавируса.

Пациентам рекомендовано общепринятое лечение в соответствии с указаниями экспертов ВОЗ [COVID-19 Clinical management: living guidance, <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-2019-nCoV-clinical-2021-1>]: строгая изоляция, обильное питье, жаропонижающие по показаниям, отхаркивающий сироп при кашле. Алексей Н., ранее переболевший и поэтому считавший себя экспертом в лечении новой коронавирусной инфекции, на 4-е сутки болезни самостоятельно начал прием ципрофлоксацина и принимал его пять дней. Новые случаи заболеваний на судне больше не фиксировались.

Групповое заболевание ОРВИ в условиях пандемии на фоне эпидемиологического анамнеза, предполагавшего существенную вероятность предшествовавшего контакта пациентов с коронавирусной инфекцией, проявление характерного симптома у одного из заболевших, положительные результаты экспресс-тестирования биоматериала на антиген SARS-CoV-2, – все это заставило врачей-консультантов установить диагноз COVID-19 и настаивать на его верификации в исследованиях специализированной сертифицированной одобренной лаборатории. Лабораторные ПЦР-исследования материала мазков со слизистой оболочки носоглотки на присутствие РНК вирусов SARS-CoV-2 (COVID-19) было выполнено всем членам команды судна на 14-й день от появления первой пары больных, к этому времени все пациен-

ты выздоровели, симптомы исчезли. Положительный результат ПЦР-тестов выявлен у 11 человек. Одновременно у всех членов экипажа было исследовано присутствие нейтрализующих М и G-антител к спайковому белку вируса SARS-CoV-2 качественным методом. Основные результаты представлены в сводной таблице.

Обращают на себя внимание следующие факты. Из 4 заболевших COVID-19 3 были привиты и 1 ранее уже переболел инфекцией в среднетяжелой форме. Из 6 человек, недавно привитых от новой коронавирусной инфекции, у 4 выявлено выделение РНК вируса SARS-CoV-2. Из 11 человек, выделявших РНК вируса SARS-CoV-2, только у 3 наблюдались клинические симптомы, позволявшие предположить присутствие инфекции.

Повторное ПЦР-тестирование экипажа, выполненное через 10 сут, показало отрицательные результаты у всех. В связи с отсутствием новых случаев заболевания к этому времени на судне были сняты все карантинно-ограничительные меры, экипаж продолжил производственную деятельность в обычном режиме.

**Заключение.** Эпидемиологические закономерности распространения новой коронавирусной инфекции остаются малопонятными. Известные маркеры предполагаемой устойчивости к заражению вирусом SARS-CoV-2 демонстрируют условность и не всегда высокую значимость [2]. В приведенном примере обнаружили факты заболевания COVID-19 у лиц как недавно переболевших, так и привитых, как имеющих нейтрализующие антитела класса G, так и без них.

На сегодняшний день единственным надежным методом прерывания процесса распространения новой коронавирусной инфекции является недопущение близких контактов между людьми, только это позволяет гарантировать отсутствие передачи вируса SARS-CoV-2. Вакцинация, при всей ее значимости, является дополнительным методом, поскольку не исключает возможность заражения, она обязательно должна подкрепляться карантинно-ограничительными мерами [3].

При новой коронавирусной инфекции, как и при других заразных заболеваниях, может быть велика доля так называемых бессимптомных носителей вируса, не подозревающих о собственной инфекционной опасности для окружающих, распространяющих COVID-19

без каких-либо проявлений болезни у себя. Этот факт обязательно нужно учитывать при организации противоэпидемических мероприятий. Важно понимать, что бессимптомными носителями-распространителями вируса могут быть и вакцинированные лица, и ранее переболевшие новой коронавирусной инфекцией. Остановить распространение инфекции можно только карантинно-ограничительными мерами.

Сложившаяся практика профилактики инфекционных заносов новой коронавирусной инфекции на закрытые удаленные производственные объекты, предполагающая перед отправкой на объект обязательную двухнедельную обсервацию командированного персонала и многократное ПЦР-тестирование, потенци-

ально уязвима на самом последнем этапе – доставке (транспортировке) персонала на объект. Если этот этап допускает возможность контакта с посторонними лицами, как в приведенном примере, когда отобранный и выдержанный в обсервации контингент совершал групповое авиапутешествие на большие расстояния, опасность заноса в этот коллектив инфекции очевидна. Минимизировать риски можно либо сократив плечо доставки, приблизив место обсервации к удаленному производственному объекту (проводить обсервацию непосредственно по месту смены экипажа судна), либо организовав в пути строгую изоляцию перевозимого контингента на все время следования к месту назначения.

Таблица

Сводные итоги наблюдения за экипажем и результатов лабораторных обследований

Table

Summary of crew observations and laboratory test results														
No	Пациент	Должность	Возраст, годы	Прибыл на судно, месяц	Вакцинирован, месяц	Ранее переболел COVID-19	Повышение температуры	Симптомы ОРВИ	Потеря обоняния / вкуса	Одышка	Клинический диагноз COVID-19	Экспресс-тест (Rapid AG test)	М-антитела	G-антитела
1	Виктор Ч.	Капитан	59	июнь	март									+
2	Григорий Ф.	СПКМ	36	июнь	апрель				+		+	+	+	+
3	Николай П.	2ПКМ	36	июнь	март									
4	Павел Н.	3ПКМ	35	июнь			+	+			+	+		
5	Алексей Н.	Стармех	44	июнь		март	+	+		+	+			+
6	Алексей К.	2-й механик	38	июнь	апрель									
7	Владимир Л.	3-й механик	51	июнь	апрель									+
8	Владимир Д.	4-й механик	31	июнь										
9	Андрей Е.	Э/механик	48	июнь	март		+				+	+	+	+
10	Леонид Ф.	Боцман	55	январь										
11	Сергей С.	Матрос	34	июнь										
12	Геннадий Б.	Матрос	45	июнь										
13	Олег Р.	Матрос	54	июнь										
14	Денис З.	Матрос	20	июнь									+	+
15	Матвей Б.	Матрос	20	январь										
16	Алексей Т.	Донкерман	60	январь										
17	Максим Ч.	Токарь	31	июнь										
18	Михаил К.	Моторист	34	июнь										
19	Илья М.	Моторист	32	июнь										
20	Сергей Ч.	Повар	42	июнь									+	+
21	Юлия О.	Стюардесса	35	январь									+	+

Примечание: Серым цветом выделены пациенты с положительными результатами выявления РНК вируса SARS-Cov-2 при исследовании ПЦР

Note: Patients with positive results for SARS-Cov-2 virus RNA detection in PCR testing are highlighted in grey

**Сведения об авторе:**

Логунов Константин Валерьевич – доктор медицинских наук, профессор, начальник отдела клиники высоких медицинских технологий им. Н. И. Пирогова, Санкт-Петербургский государственный университет; Россия, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9; руководитель консультационной службы, МЕДИКОН; 198188, Санкт-Петербург, ул. Зайцева, 18/16; SPIN: 7840-9578; ORCID: 0000-0001-8284-8678; e-mail: logunov@mail.ru

**Information about the author:**

Konstantin V. Logunov – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Department Head, N. I. Pirogov University Clinic, St. Petersburg University; Russia, 199034, Saint Petersburg, University Embankment, 7–9; Head of Consulting Service, MEDICON; Russia, 198188, Saint Petersburg, Zaitsev Str., 18/16; SPIN: 7840-9578; ORCID: 0000-0001-8284-8678; e-mail: logunov@mail.ru

**Вклад авторов.** Автор подтверждает соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (автор единолично внес существенный вклад в разработку концепции и плана исследования, сбор данных, проведение исследования, статистическую обработку и подготовку статьи, прочел и одобрил финальную версию перед публикацией).

**Author contribution.** The author personally, according to the ICMJE criteria developed the concept and design of the study, collected data, implemented the research, statistical processing and preparation of the article, read and approved the final version before publication.

**Потенциальный конфликт интересов:** автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Disclosure.** The author declares that he has no competing interests.

**Финансирование:** исследование проведено без дополнительного финансирования.

**Funding:** the study was carried out without additional funding.

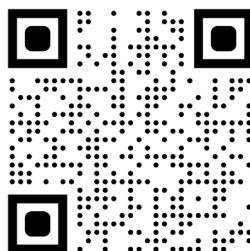
Поступила/Received: 13.07.2025

Принята к печати/Accepted: 15.12.2025

Опубликована/Published: 30.12.2025

**ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES**

1. Логунов К. В., Гурин Н. Н. Актуальные проблемы медицинского обслуживания плавсостава морских судов // *Медицина труда и промышленная экология*. 2017. № 9. С. 113 [Logunov K. V., Gurin N. N. Actual problems of medical care for the crew of sea vessels. *Occupational Medicine and Industrial Ecology*, 2017, No. 9, p.113 (In Russ.)].
2. Babamahmoodi F., Saeedi M., Alizadeh-Navaei R., et al. Side effects and Immunogenicity following administration of the Sputnik V COVID-19 vaccine in health care workers in Iran. *Sci Rep*, 2021, 11, 21464. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00963-7>.
3. Corey L., Mascola J. R., Fauci A. S., Collins F. S. A strategic approach to COVID19 vaccine R&D. *Science*. 2020, 368(6494), pp. 948–950. <https://doi.org/10.1126/science.abc5312>.



Официальный канал журнала "Морская медицина"



**1 ноября 2025 года** в Национальном институте медицины (INM) в Ашвини состоялась конференция и командно-штабные учения IONS HADS. В мероприятии участвовали 9 стран-членов IONS и 5 стран-наблюдателей.

После приветственных речей главного хирурга Западного командования адмирала **К.М. Адхикари** и руководителя медицинской службы адмирала **Кавиты Сахаи** делегаты провели командно-штабные учения по оказанию гуманитарной помощи и ликвидации последствий стихийных бедствий, что укрепило дух сотрудничества и сплоченность.



Участники 40-й ежегодной международной конференции по военно-морской медицине и смежным наукам. Принимали участие страны: Индонезия; Иран; Мадагаскар; Мальдивские Острова; Маврикия; Мьянма; Саудовская Аравия; Сейшельские Острова; Танзания; Япония; Нигерия; Россия; Шри-Ланка; ЮАР



Президиум конференции (слева на право):  
 - Адмирал Динеш К Трипати - главнокомандующий ВМС Индии;  
 - Вице-адмирал Кавита Сахаи - начальник медицинской службы ВМС Индии;  
 - Контр-Маниш Хонвад - начальник военно-морского госпиталя «Асвини»;  
 - Вице-адмирал Ранул Вилас Гокхале - начальник штаба Западного командования ВМС Индии;  
 - Адмирал К М Адхикари - главный хирург медицинской службы ВМС Индии.



Открытие конференции. Церемония награждения лучших медицинских специалистов по итогам 2025 года в разных номинациях.



Выступление профессора И.Г. Мосягина.



Развлекательная программа: творческий коллектив участников концерта обучающихся в колледже ВМГ «Асвини».





# 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

## 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

## Комплект оборудования:

- ЭКГ
- Анализатор на сахар и холестерин
- Тонометр
- Спирометр
- Анализатор мочи
- Измеритель глазного давления
- Пульсоксиметр
- Биохимический анализатор
- Гематологический анализатор
- Отоскоп
- Портативный УЗИ
- Палатный флюорограф

РЗН 2023/19528 от 08.02.2023

