



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПЕЧАТНЫЙ ОРГАН МОРСКОЙ КОЛЛЕГИИ
ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Научно-практический
рецензируемый журнал

ISSN 2413-5747 (print)

ISSN 2587-7828 (online)

Морская Медицина

Marine Medicine

Том 11

2025

№ 1



ВЫБОР РЕДАКЦИИ

МЕДИКО-СТАТИСТИЧЕСКИЕ
ПОКАЗАТЕЛИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ
У КАТЕГОРИЙ ЛИЧНОГО
СОСТАВА ВОЕННО-МОРСКОГО
ФЛОТА РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ (2003–2021 гг.)

Мосягин И. Г., Евдокимов В. И.,
Плужник М. С.

стр. 58–75

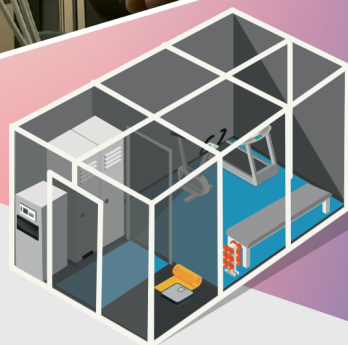
ПРОБЛЕМЫ НОРМАТИВНОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБИТАЕМОСТИ
И БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА
НА АТОМНЫХ МОРСКИХ ОБЪЕКТАХ:
АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Арефьева Д. В., Грабский Ю. В., Рогованов Д. Ю.,
Кожухова Н. А., Шаяхметова А. А.

стр. 96–103

ГЕРОПРО-модуль

ПРЕДНАЗНАЧЕН ДЛЯ ТРЕНИРОВОК, РЕАБИЛИТАЦИИ,
АДАПТАЦИИ ГРУППЫ СПЕЦИАЛИСТОВ В
ИСКУССТВЕННОЙ ГАЗОВОЙ СРЕДЕ С ВЫСОКИМ
СОДЕРЖАНИЕМ ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ



- Плановая и экстренная подготовка специалистов силовых ведомств к экстремальным условиям деятельности
- Тренировка спортсменов высших достижений, любителей экстремальных видов спорта
- Реабилитация после целевых миссий
- Реабилитация после ранений, травм, заболеваний
- Плановое лечение, геропротекция

В ГЕРОПРО-МОДУЛЬ ВХОДЯТ:



- ✓ Азотно-кислородная установка:
 - концентрация азота до 90 - 99,9 %
 - концентрация кислорода до 35 - 40 %



- ✓ Климатический комплекс



- ✓ Устройство для удаления углекислого газа из воздуха

- ✓ Система контроля физиологического состояния пациентов, видеонаблюдения, регистрации и архивации сведений о процедурах
- ✓ Щит автоматизированного управления

ГЕРОПРО

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГЕРОПРОТЕКТОРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Санкт-Петербург, ул. Большая Пороховская, д.61, лит. Б
info@geropro.ru, +7 (812) 416-61-14, geropro.ru

Морская медицина

Научно-практический рецензируемый журнал

Главный редактор:

Мосягин Игорь Геннадьевич

доктор медицинских наук, профессор, начальник медицинской службы Главного командования Военно-Морского Флота, председатель секции по морской медицине Научно-экспертного совета Морской коллегии при Правительстве Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

Заместитель главного редактора:

Закревский Юрий Николаевич

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

Выпускающий редактор:

Симакина Ольга Евгеньевна

кандидат биологических наук, АО «Красная Звезда», 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, 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.bmoc-spb.ru/jour>
e-mail: marinemedicine@yandex.ru



Том 11
2025 No 1

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),
Грабский Ю.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, Head of the Medical Service of Navy Headquarters of the Russian Federation,
Chairman of the Marine Medicine section of the Scientific Expert Council of the Maritime College under the
Government 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)*

Commissioning Editor:

Simakina, Olga Evgenyevna

Cand. of Sci. (Biol.); JSC «Red Star» (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, 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: Federal State Budgetary
Institution of Science Research Institute of
Industrial and Marine Medicine
Federal Medical and Biological Agency,
St. Petersburg, Russia
URL: <http://seamed.bmoc-spb.ru/jour>
e-mail: marinemedicine@yandex.ru



Vol. 11
2025 No 1

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),
Grabsky Yu.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),
Opravin 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

ОБЗОРЫ

ТАРГЕТНОЕ СЕКВЕНИРОВАНИЕ ГЕНОВ ЛЕКАРСТВЕННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ <i>Mycobacterium tuberculosis</i>	7
<i>Ковров И.К., Попова Ю.А., Попова И.А., Никишова Е.И., Марьяндышев А.О.</i>	

ПРИМЕНЕНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ НА НИЖНЮЮ ЧАСТЬ ТЕЛА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И КОРРЕКЦИИ ФУНКЦИЙ ОРГАНИЗМА В КЛИНИЧЕСКОЙ, ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЕ	27
<i>Шитов А. Ю., Зверев Д. П., Мясников А. А., Кленков И. Р., Андрусенко А. Н., Исрафилов З. М., Колчанов С. П.</i>	

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

НАЗЕМНЫЕ РОБОТИЗИРОВАННЫЕ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ЭВАКУАЦИИ РАНЕНЫХ И ПОСТРАДАВШИХ: МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ	46
<i>Шуленин Н. С., Мавренков Э. М., Жангиреев К. Г.</i>	

МЕДИКО-СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ У КАТЕГОРИЙ ЛИЧНОГО СОСТАВА ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (2003–2021 ГГ.)	58
<i>Мосягин И. Г., Евдокимов В. И., Плужник М. С.</i>	

ОЦЕНКА ОПТИМИЗАЦИИ ПИТАНИЯ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ В АРКТИКЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫМ ПРОДУКТОВ, ПРОИЗВЕДЕННЫМ ПО КРИТИЧЕСКИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ: КОГОРТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ	76
<i>Рахманов Р.С., Нарутдинов Д.А., Богомолова Е.С., Разгулин С.А., Потехина Н.Н.</i>	

ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ОРГАНА ЗРЕНИЯ У ВЗРОСЛОГО НАСЕЛЕНИЯ АРХИПЕЛАГА НОВАЯ ЗЕМЛЯ В ПЕРИОД ПОЛЯРНОЙ НОЧИ: ОПИСАТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ	86
<i>Мишин И. Ю., Алекперов С. И., Ганапольский В. П., Сошкин П. А.</i>	

ПРОБЛЕМЫ НОРМАТИВНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБИТАЕМОСТИ И БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА НА АТОМНЫХ МОРСКИХ ОБЪЕКТАХ: АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ	96
<i>Арефьева Д. В., Грабский Ю. В., Rogovans D. Ю., Кожухова Н. А., Шаяхметова А. А.</i>	

ОЦЕНКА МИКРОЧАСТИЦ В КОНЦЕНТРАТЕ ТРОМБОЦИТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПАТОГЕНРЕДУКЦИИ: ПИЛОТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ	104
<i>Гришина Г.В., Ласточкина Д.В., Касьянов А.Д., Голованова И.С., Бессмельцев С.С.</i>	

ЦИТОКИНОВЫЙ ПРОФИЛЬ СИНОВИАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ ПРИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПАТОЛОГИИ ВИСОЧНО-НИЖНЕЧЕЛЮСТНОГО СУСТАВА В УСЛОВИЯХ ОБЩЕЙ ВИБРАЦИИ НА КОРАБЛЯХ ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА: КЛИНИКО-ПАТОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ	112
<i>Сериков А. А., Иорданишвили А. К., Самсонов В. В.</i>	

ПРОГНОЗ СТРЕСС-АССОЦИИРОВАННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У ВОЕННОСЛУЖАЩИХ: РЕТРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ	118
<i>Фетцова Л. Н., Серова Ю. С., Тавбулатов Х. А., Шестова А. А., Порожников П. А., Днов К. В., Ятманов А. Н.</i>	

ОБЩАЯ НЕСПЕЦИФИЧЕСКАЯ РЕАКТИВНОСТЬ, КАК ИНТЕГРАТИВНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ СКЛОННОСТИ ЧЕЛОВЕКА К ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ И ПСИХИЧЕСКОЙ ДЕЗАДАПТАЦИИ: РЕТРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ	126
<i>Мулик А. Б., Улесикова И. В., Моисеев Д. В., Юсупов В. В., Дорофеев И. И., Шатыр Ю. А.</i>	

ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛИКВИДАЦИИ ПАНДЕМИИ ОСТРОЙ ВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ РАЗВЕРТЫВАНИЕМ АМБУЛАТОРНО-ПОЛИКЛИНИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ: РЕТРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ	139
<i>Гезей Н. Ф., Закревский Ю. Н., Мишанина Л. А., Кривенко О. Г., Антоненкова Е. В.</i>	

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ МЕДИЦИНА – ОСНОВНОЙ ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ЗДОРОВЬЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕ	147
<i>Суханова М. Ю.</i>	

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

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

Contents

REVIEWS

TARGETED SEQUENCING OF DRUG RESISTANCE GENES MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS	7
<i>Kovrov I. K., Popova Yu. A., Popova I. A., Nikishova E. I., Mariandyshev A. O.</i>	
APPLICATION OF NEGATIVE PRESSURE ON THE LOWER PART OF THE BODY FOR RESEARCH AND CORRECTION OF BODY FUNCTIONS IN CLINICAL, EXTREME AND EXPERIMENTAL MEDICINE.....	27
<i>Shitov A. Yu., Zverev D. P., Myasnikov A. A., Klenkov I. R., Andrusenko A. N., Israfilov Z. M., Kolchanov S. P.</i>	

ORIGINAL ARTICLES

GROUND ROBOTIC PLATFORMS FOR EVACUATION OF WOUNDED AND INJURED: INTERNATIONAL EXPERIENCE AND APPLICATION PROSPECTS	46
<i>Shulenin N. S., Mavrenkov E. M., Zhangireev K. G.</i>	
MEDICAL AND STATISTICAL INDICATORS OF MORBIDITY AMONG CATEGORIES OF RUSSIAN NAVY PERSONNEL (2003–2021).....	58
<i>Mosyagin I. G., Evdokimov V. I., Pluzhnik M. S.</i>	
EVALUATION OF NUTRITION OPTIMIZATION FOR MILITARY PERSONNEL IN ARCTIC WITH A MULTICOMPONENT PRODUCT PRODUCED USING CRITICALLY LOW-TEMPERATURE TECHNOLOGY: COHORT STUDY	76
<i>Rakhmanov R.S., Narutdinov D.A., Bogomolova E.S., Razgulin S.A., Potekhina N.N.</i>	
PECULIARITIES OF OPHTHALMOLOGIC MORBIDITY IN THE ADULT POPULATION OF THE NEW EARTH ARCHIPELAGO: DESCRIPTIVE STUDY	86
<i>Mishin I. Yu., Alekperov S.I., Ganapolsky V.P., Soshkin P.A.</i>	
PROBLEMS OF REGULATORY SUPPORT OF HABITABILITY AND SAFE WORKING CONDITIONS AT NUCLEAR OFFSHORE FACILITIES: ANALYTICAL STUDY.....	96
<i>Arefyeva D. V., Grabsky Yu. V., Rogovanov D. Yu., Kozhukhova N. A., Shayakhmetova A. A.</i>	
EVALUATION OF MICROPARTICLES IN PLATELET CONCENTRATE DEPENDING ON PATHOGENREDUCTION: PILOT STUDY.....	104
<i>Grishina G.V., Lastochkina D.V., Kasyanov A.D., Golovanova I.S., Bessmeltsev S.S.</i>	
CYTOCINIC PROFILE OF SYNOVIAL FLUID IN FUNCTIONAL PATHOLOGY OF THE TEMPOROMANDIBULAR JOINT UNDER CONDITIONS OF GENERAL VIBRATION ON NAVAL SHIPS: CLINICAL AND PATHOPHYSIOLOGICAL EXAMINATION	112
<i>Serikov A. A., Iordanishvili A. K., Samsonov V. V.</i>	
PROGNOSIS OF STRESS-ASSOCIATED DISEASES IN MILITARY PERSONNEL: RETROSPECTIVE STUDY	118
<i>Fetsova L. N., Serova Yu. S., Tavbulatov Kh. A., Shestova A. A., Porozhnikov P. A., Dnov K. V., Yatmanov A. N.</i>	
GENERAL NONSPECIFIC REACTIVITY AS INTEGRATIVE INDICATOR OF HUMAN PROPENSITY TO FUNCTIONAL AND MENTAL MALADAPTATION: RETROSPECTIVE STUDY	126
<i>Mulik A. B., Ulesikova I. V., Moiseev D. V., Yusupov V. V., Dorofeev I. I., Shatyr Yu. A.</i>	
ORGANIZATIONAL AND METHODOLOGICAL SUPPORT OF ACUTE VIRAL INFECTION PANDEMIC ELIMINATION BY DEPLOYMENT OF OUTPATIENT AND POLYCLINIC CENTERS: RETROSPECTIVE STUDY	139
<i>Gezey N. F., Zakrevsky Yu. N., Mishanina L. A., Krivenko O. G., Antonenkova E. V.</i>	
OCCUPATIONAL MEDICINE – MAIN ELEMENT OF OCCUPATIONAL HEALTH CARE SYSTEM.....	147
<i>Sukhanova M. Yu.</i>	

ОБЗОРЫ/REVIEWS

УДК 616-002.5

doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-7-26>**ТАРГЕТНОЕ СЕКВЕНИРОВАНИЕ ГЕНОВ ЛЕКАРСТВЕННОЙ
УСТОЙЧИВОСТИ *MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS***¹И. К. Ковров*, ¹Ю. А. Попова, ¹И. А. Попова, ¹Е. И. Никишова, ^{1,2}А. О. Марьяндышев¹Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск, Россия²Северный арктический федеральный университет, г. Архангельск, Россия

ВВЕДЕНИЕ. Лекарственно-устойчивые формы туберкулеза и их распространение являются актуальной проблемой современной медицины. Генетические механизмы возникновения лекарственной устойчивости – ключ к пониманию возможностей методов диагностики резистентного к терапии туберкулеза. В настоящее время определяются как фенотипические признаки устойчивости возбудителя к противотуберкулезным препаратам, так и генетические маркеры резистентности. Широкий спектр тематических публикаций и исследований, посвященных мутациям генов, связан с резистентностью к противотуберкулезным препаратам.

ЦЕЛЬ. Провести анализ наиболее эффективных молекулярно-биологических технологий и методов, позволяющих определить устойчивость возбудителя туберкулеза к препаратам, рекомендованным Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) в режимах лечения. Представить наибольшие частоты отдельных мутаций, ассоциированных с генами антибиотикорезистентности, формирующих значимый уровень устойчивости к противотуберкулезным препаратам. Рассмотреть спектр мутаций генов лекарственной устойчивости, обеспечивающих наибольший вклад в ее формирование.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Использованы материалы отечественных и зарубежных авторов, рекомендации ВОЗ, связанные с тематикой распространенности и оценки значения мутаций отдельных генов антибиотикорезистентности в разных странах и регионах. Проанализированы периодические литературные источники из международных и российских свободных баз данных: PubMed, сайт ВОЗ (<https://www.who.int>), международная база данных туберкулеза – Tuberculosis Drug Resistance Mutation Database (TbDRMDB) (<http://www.tbdreamdb.com>), MDPI, eLIBRARY, КиберЛенинка, а также выборка статей по ключевым словам за 20 лет (с 2004 по 2024 г.).

РЕЗУЛЬТАТЫ. Представлены наиболее эффективные молекулярно-биологические технологии, дающие возможность определить мутации в генах лекарственной устойчивости. Таргетное секвенирование позволяет при целевом выборе праймеров к фрагментам генов, связанных с лекарственной устойчивостью, получить результаты, необходимые для оценки уровня резистентности микобактерий к основным препаратам, входящим в схему лечения. Систематизированы наиболее частые локализации мутаций в генах *Mycobacterium tuberculosis*, ассоциированные со значимыми уровнями лекарственной устойчивости.

ОБСУЖДЕНИЕ. Распространенность лекарственно-устойчивых штаммов варьирует в странах и регионах и может быть сопоставлена только с использованием надежного и верифицируемого генетического метода. Целевое секвенирование является методом эффективного надзора за лекарственно-устойчивым туберкулезом, а для валидации этой информации используют фенотипическое исследование в системе Bactec MGIT. Результаты распространенности однонуклеотидных полиморфизмов, полученные с помощью методов секвенирования, должны дополнять и уточнять данные, выявленные с помощью метода ПЦР.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Таргетное секвенирование генов лекарственной устойчивости по Сенгеру занимает достойное место в ряду других молекулярно-генетических методов исследования туберкулеза. Особую роль целевое секвенирование имеет при анализе генов, ассоциированных с лекарственной устойчивостью к давно используемым препаратам 1-го ряда при нетипичных локализациях мутаций; оно также является единственным методом для исследования генов, связанных с резистентностью к новым и разрабатываемым препаратам. Для результативности сенгеровского секвенирования ключевую роль играет адекватный выбор наборов ряда праймеров к участкам генов лекарственной устойчивости, кодирующим критические для правильного формирования глобулярной структуры положения полипептидной цепи в ферментных комплексах *M. tuberculosis*.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, лекарственная устойчивость микобактерий туберкулеза, гены, ассоциированные с лекарственной устойчивостью, таргетное секвенирование, сенгеровское секвенирование, точечная мутация

© 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>

*Для корреспонденции: Ковров Игорь Константинович, e-mail: ingmar-kov@yandex.ru

*For correspondence: Igor K. Kovrov, e-mail: ingmar-kov@yandex.ru

Для цитирования: Ковров И.К., Попова Ю.А., Попова И.А., Никишова Е.И., Марьяндышев А.О. Таргетное секвенирование генов лекарственной устойчивости *Mycobacterium tuberculosis* // Морская медицина. 2025. Т. 11, № 5. С. 7–26, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-7-26>; EDN: <https://elibrary.ru/PKFIDR>

For citation: Kovrov I. K., Popova Yu. A., Popova I. A., Nikishova E. I., Mariandyshev A. O. Targeted sequencing of drug resistance genes *mycobacterium tuberculosis* // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, № 1. P. 7–26, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-7-26>; EDN: <https://elibrary.ru/PKFIDR>

TARGETED SEQUENCING OF DRUG RESISTANCE GENES *MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS*

¹Igor K. Kovrov*, ¹Yuliya A. Popova, ¹Irina A. Popova, ¹Elena I. Nikishova, ^{1,2}Andrei O. Mariandyshev

¹Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

²Northern Arctic Federal University, Arkhangelsk, Russia

INTRODUCTION. Drug-resistant forms of tuberculosis and their prevalence are an urgent problem of modern medicine. Genetic mechanisms of drug resistance are the key to understanding the possibilities of diagnostic methods for therapy-resistant tuberculosis. Currently, both phenotypic signs of pathogen resistance to TB drugs and genetic markers of resistance are being identified. A wide range of thematic publications and studies on gene mutations is associated with resistance to TB drugs.

OBJECTIVE. Analyze the most effective molecular biological technologies and methods allowing to determine resistance of the tuberculosis pathogen to drugs recommended by the World Health Organization (WHO) in treatment regimens. To present the highest incidence of individual mutations associated with antibiotic resistance genes, which form a significant level of resistance to antituberculosis drugs. Consider the spectrum of mutations of drug resistance genes that provide the greatest contribution to its formation.

MATERIALS AND METHODS. Materials of Russian and foreign authors, WHO recommendations related to the prevalence and assessment of the significance of mutations of individual antibiotic resistance genes in different countries and regions were used. Periodical literature sources from international and Russian free databases were analyzed: PubMed, WHO website (<https://www.who.int>), international tuberculosis database - Tuberculosis Drug Resistance Mutation Database (TBDReaMDB). (<http://www.tbdreamdb.com>), MDPI, eLIBRARY, CyberLeninka, and a sample of articles by keywords for 20 years (from 2004 to 2024).

RESULTS. The most effective molecular biological technologies that enable the detection of mutations in drug resistance genes are presented. Targeted sequencing allows the targeted selection of primers to fragments of genes associated with drug resistance to obtain the results necessary to assess the level of resistance of mycobacteria to the main drugs included in the treatment regimen. The most frequent localizations of mutations in *Mycobacterium tuberculosis* genes associated with significant levels of drug resistance have been systematized.

DISCUSSION. The prevalence of drug-resistant strains varies across countries and regions and can only be compared using a reliable and verifiable genetic method. Targeted sequencing is a method for effective surveillance of drug-resistant TB, and phenotypic testing in the Bactec MGIT system is used to validate this information. Results of the prevalence of single nucleotide polymorphisms obtained by sequencing methods should complement and clarify the data detected by PCR methods.

CONCLUSION. Targeted Sanger sequencing of drug resistance genes occupies a worthy place among other molecular genetic methods of tuberculosis research. Targeted sequencing has a special role in the analysis of genes associated with drug resistance to long-standing first-line drugs with atypical localization of mutations; it is also the only method for the study of genes associated with resistance to new and emerging drugs. Adequate selection of primer sets for the regions of drug resistance genes encoding polypeptide chain positions in *M. tuberculosis* enzyme complexes that are critical for the correct formation of the globular structure plays a key role in the efficiency of Sanger sequencing.

KEYWORDS: marine medicine, drug resistance in *Mycobacterium tuberculosis*, drug resistance associated genes, target sequencing, Sanger sequencing, point mutation

Введение. Несмотря на положительную эпидемиологическую динамику по туберкулезу, в последнее десятилетие в Российской Федерации сохраняются неблагоприятные факторы, влияющие на распространенность заболевания [1–3]. Важнейшими из них являются поздняя

диагностика легочного туберкулеза, широкая трансмиссия штаммов возбудителя с множественной устойчивостью к противотуберкулезным препаратам (МЛУ), низкая эффективность лечения лекарственно-резистентных случаев заболевания [1–8]. В настоящее время

успешные результаты лечения больных туберкулезом (МЛУ-ТБ) составляют менее 60 %, а у больных с широкой лекарственной устойчивостью (ШЛУ-ТБ) – 40 % [9, 10]. Элиминация из популяции резистентных штаммов микобактерий туберкулеза, обусловленных устойчивостью к препаратам первого и второго ряда, для лечения МЛУ и пре-ШЛУ/ШЛУ составляет важнейшую задачу, способствующую контролю за распространением: снижению заболеваемости и ликвидации туберкулеза [1, 4].

Возникновение лекарственной устойчивости микобактерий обусловлено неточностями при репликации кольцевой бактериальной хромосомы с образованием одонуклеотидных замен в смысловой кодирующей последовательности или в регуляторных элементах, а также более редкого перемещения и встраивания и/или потери коротких инсерционных последовательностей в ДНК *M. tuberculosis* [11]. Мутации часто происходят в генах, которые кодируют мишени для противотуберкулезных препаратов или механизмы их метаболизма, что влияет на эффективность проводимой терапии [12, 13]. В обширной и активно делящейся популяции возбудителя туберкулеза всегда присутствует небольшое количество бактерий-мутантов со спонтанной лекарственной устойчивостью. При условии недостаточной эффективности терапии низкими дозами действующих препаратов или неправильно подобранным режимом лечения, а также под действием иммунной системы больного, такие штаммы проходят селективный клональный отбор с накоплением мутаций. Мутантные микобактерии получают преимущество над «дикими» природными штаммами с лекарственной чувствительностью к большинству антибактериальных препаратов [11]. Для подбора эффективной схемы лечения приоритетной является информация о чувствительности возбудителя к противотуберкулезным препаратам.

Для выявления лекарственно-устойчивого туберкулеза требуются быстрые молекулярные методы секвенирования, которые могут заменить фенотипические исследования. Стандартное фенотипическое тестирование лекарственной чувствительности, основанное на культивировании микобактерий на жидких и плотных средах, может занять от нескольких недель до месяца [13, 14]. Кроме того, для некоторых препаратов оно

имеет ограничения, связанные с надежностью и воспроизводимостью методов тестирования.

Цель. Показать эффективные молекулярно-биологические технологии и методы, позволяющие определить резистентность возбудителя туберкулеза к противотуберкулезным препаратам. Представить наибольшие частоты отдельных мутаций, ассоциированных с генами антибиотикорезистентности, формирующими значимый уровень устойчивости к противотуберкулезным средствам. Рассмотреть спектр задействованных в мутациях генов лекарственной устойчивости с наибольшим вкладом в ее формирование.

Материалы и методы. Использованы материалы отечественных и зарубежных авторов, рекомендации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), связанные с тематикой распространенности и оценки значения мутаций отдельных генов антибиотикорезистентности в разных странах и регионах. Проанализированы периодические литературные источники из международных и российских свободных баз данных: PubMed, сайт ВОЗ (<https://www.who.int>), MDPI, eLIBRARY, КиберЛенинка, а также выборка статей по ключевым словам за 20 лет (с 2004 по 2024 г.).

Результаты. Быстрое определение лекарственной чувствительности микобактерии на современном этапе развития диагностики решается молекулярно-биологическими методами, важнейшими из которых являются классическая мультиплексная ПЦР, картриджная технология, микрочипные гибридизационные технологии и секвенирование генов лекарственной устойчивости¹ [2, 3, 6, 15].

В настоящее время ВОЗ для быстрой молекулярно-биологической диагностики рекомендует применять следующие три класса методов, которые систематизированы по сложности их внедрения в практику лаборатории:

1. Автоматизированные методы амплификации нуклеиновых кислот низкой сложности для выявления устойчивости к Изониазиду и Рифампицину (картриджная технология GeneXpert MTB/HDR);

¹Use of Xpert MTB/RIF and Xpert MTB/RIF Ultra on GeneXpert 10-colour instruments: WHO policy statement/WorldHealthOrganization, 2021, 17p. Эл. ресурс: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/350154/9789240040090-eng.pdf?sequence=1> (дата обращения: 18.11.2024)

2. Автоматизированные методы амплификации нуклеиновых кислот средней сложности для выявления туберкулеза и устойчивости к Рифампицину и Изониазиду (ПЦР – Abbott RealTime MTB, Abbott RealTime MTB RIF/INH, BD MAX MDR-TB, cobas MTB, cobas MTB-RIF/INH, FluoroType MTBDR, FluoroType MTB);

Методы высокой диагностической сложности для обнаружения резистентности к противотуберкулезному препарату Пиразинамиду, основанные на обратной гибридизации (метод линейных зондов – Genoscholar PZA-TB II)^{1,2} [15, 16].

Более других требованиям, предъявляемым к лабораторной экспресс-диагностике туберкулеза «у постели больного» («Point-of-Care Testing»), удовлетворяют исследования, выполняемые на генетическом анализаторе GeneXpert. В соответствии с клиническими рекомендациями «Туберкулез у взрослых» (2024), при обнаружении резистентности возбудителя к Рифампицину молекулярно-генетическим методом с помощью GeneXpert (или иным валидированным способом) лечение проводится согласно режиму химиотерапии МЛУ-ТБ по индивидуальной схеме, содержащей эффективные препараты, к которым лабораторно доказано отсутствие устойчивости и гетерорезистентности^{2,3} [3, 6, 15].

Практическое применение GeneXpert и GeneXpertUltra, даже учитывая все очевидные их преимущества (скорость выполнения исследования и возможность предварительного анализа на МЛУ), показывает, что картриджные технологии имеют несколько недостатков, главными из которых являются высокая стоимость прибора и замены совместимых картриджей, а также ограниченность исследования в GeneXpert MTB/HDR Рифампицином (RIF).

В новой версии GeneXpertUltra5 проводятся тесты лекарственной чувствительности к RIF, INH, этионамиду, фторхинолонам (FQ), амикацину^{1,2} [3]. Тесты Xpert MTB/RIF и XpertUltra^{1,2} и линейные зондовые анализы [17] сыграли важную роль в увеличении выявления лабораторно подтвержденного Рифампицин-устойчивого туберкулеза и МЛУ-ТБ с 41 тыс. пациентов в 2009 г. до более чем 166 991 пациента в 2021 г.⁴

С другой стороны, молекулярные генотипические тесты лекарственной чувствительности, такие как GeneXpert и Geno Type MTBDRplus, MTBDRplusv2.0, при высокой специфичности по Рифампицину (98 %) и Изониазиду (92 %) исследуют широкий перечень изученных мутаций, но для более точного определения устойчивости могут потребоваться дополнительные тесты и анализы⁵ [1, 18–20]. Наличие этапа гибридизации длительностью от 2 до 18 ч и риска возникновения контаминации (при нанесении на матрицу продуктов амплификации) являются недостатками микрочипных гибридизационных технологий [19].

Отечественные и зарубежные праймеры, разработанные для ПЦР-тестов лекарственной чувствительности (ТЛЧ), обеспечивают чувствительность и специфичность на уровне 94–95 % и 98 % соответственно [14, 19]. Мультиплексная классическая ПЦР выгодно отличается от технологий, основанных на микрочипах тем, что в ней отсутствует этап гибридизации, а также есть возможность оценки результатов в режиме реального времени, что позволяет снизить риск контаминации и незамедлительно принять меры для дезактивации ампликонов [19].

В настоящее время наиболее информативной и практичной является технология целевого секвенирования следующего поколения (NGS – next generation sequencing), объединяющая ам-

²WHO operational handbook on tuberculosis. Module 3: diagnosis - rapid diagnostics for tuberculosis detection, 2021 update ISBN 978-92-4-003058-9 (electronic version)/ World Health Organization, 2021, 162 p. Эл. ресурс: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/376155/9789240089501-eng.pdf?sequence=1> (дата обращения: 18.11.2024)

³Клинические рекомендации. Туберкулез у взрослых [Электронный ресурс]. Разработчик: Общероссийская общественная организация «Российское общество фтизиатров»; Национальная ассоциация некоммерческих организаций фтизиатров «Ассоциация фтизиатров». Год утверждения: 2024. – 151 с. Эл. ресурс: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/16_3 (дата обращения: 05.12.2024)

⁴Use of targeted next-generation sequencing to detect drug-resistant tuberculosis: rapid communication, July 2023 ISBN 978-92-4-007637-2 (electronic version) World Health Organization 2023, 4 p. Эл. ресурс: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/371687/9789240076372-eng.pdf?sequence=1> (дата обращения: 18.11.2024)

⁵Use of targeted next-generation sequencing to detect drug-resistant tuberculosis: rapid communication, July 2023 ISBN 978-92-4-007637-2 (electronic version) World Health Organization 2023, 4 p. Эл. ресурс: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/371687/9789240076372-eng.pdf?sequence=1> (дата обращения: 18.11.2024)

плификацию выбранных генов с технологией секвенирования следующего поколения для обнаружения устойчивости ко многим препаратам с помощью одного теста. Для определения нуклеотидной последовательности генома в одной биохимической реакции используют высокопроизводительный метод секвенирования – NGS [21]. Он выполняется с помощью технологий, которые могут параллельно определять последовательности нескольких фрагментов ДНК; затем последовательности собирают в библиотеку и сопоставляют с референтным геномом с использованием биоинформатических анализов.

В настоящее время доступные платформы NGS (Illumina, SOLiD) и целевое NGS используют схожий рабочий процесс, который включает извлечение ДНК из микобактерий, выделенных из клинического образца или культуры, затем обработку ДНК для создания библиотеки фрагментов ДНК (включая целевую амплификацию в таргетном NGS), секвенирование библиотеки и, наконец, использование инструментов биоинформатики для сборки последовательностей и сравнения их с последовательностью эталонного штамма, чтобы идентифицировать «варианты» или мутации относительно референтного штамма *M. tuberculosis H37Rv* [5, 15, 16, 21, 22].

Поскольку каждая позиция в геноме секвенируется много раз, можно обнаружить смеси мутантных и неизменных диких последовательностей. Кроме того, NGS способен исследовать полную последовательность генов для выявления специфических мутаций, связанных с устойчивостью, что может обеспечить более высокую точность по сравнению с существующими быстрыми диагностическими тестами. Целевые тесты на основе NGS могут обнаружить устойчивость к новым и ранее используемым препаратам, которую в настоящее время невозможно определить никакими другими молекулярными методами. Например, NGS обладает большим потенциалом для обеспечения комплексного обнаружения устойчивости к лекарственным препаратам, входящим в современные схемы лечения⁴ [22].

В 2003 г. ВОЗ провела оценку эффективности целевого NGS при исследовании образцов мокроты для определения устойчивости к RIF, INH, Левофлоксацину (Lfx), Моксифлоксацину (Mfx), Пиразинамиду (Z) и Этамбутолу (E). В большом исследовании изучено около 12 тыс.

образцов из 13 стран, неблагополучных по туберкулезу. Тесты лекарственной чувствительности на основе NGS преодолели многие проблемы бактериологического фенотипического надзора за лекарственно-устойчивым туберкулезом и ограничения других молекулярных методов ТЛЧ, предоставляя профили устойчивости для большего диапазона препаратов за меньшее время и для большего количества стран⁵.

Результаты исследования были определены как точные для всех препаратов, включенных в оценку, с объединенной чувствительностью $\geq 95\%$ для RIF, INH, Mfx и E, 94% для Lfx и 88% для Z. Специфичность составила $\geq 96\%$ для всех препаратов. Референтным стандартом был фенотипический ТЛЧ на основе культуры для Изониазида, Левофлоксацина и Моксифлоксацина. Доля полученных данных с неопределенными результатами варьировала от 9% (Lfx и Mfx) до 18% (Z) при более высоких показателях неопределенности в образцах с более низкой бактериальной нагрузкой⁵.

Полученные результаты позволили оценить высокую эффективность методов секвенирования и рекомендовать их для использования в системах надзора за лекарственно-устойчивым туберкулезом, поскольку они могут предоставить надежную информацию для многих противотуберкулезных препаратов в одном тесте и выявить мутации, которые могут быть пропущены другими молекулярными анализами⁴. В зависимости от пропускной способности и количества тестируемых препаратов NGS может быть экономически более эффективным, чем другие методы ТЛЧ. В то же время стоимость приобретения, установки и обслуживания приборов-секвенаторов NGS весьма значительна и становится экономически оправданной только при длительном применении⁶.

Эффективность секвенирования нового поколения позволяет сравнить его с более ранним методом изучения последовательности ДНК – методом таргетного секвенирования по Сенгеру. Секвенирование по Сенгеру — ме-

⁴The use of next-generation sequencing technologies for the detection of mutations associated with drug resistance in Mycobacterium tuberculosis complex: technical guide. Geneva: World Health Organization; 2018, 112 p. Эл. ресурс: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/274443/WHO-CDS-TB-2018.19-eng.pdf?sequence=1> (дата обращения: 18.11.2024)

тод, основанный на включении ДНК-полимеразой завершающих цепь дидезоксинуклеотидов в процессе репликации ДНК в лабораторных условиях⁶. Анализ фрагментов ДНК по Сенгеру является одним из первых разработанных методов секвенирования нуклеиновых кислот. Несмотря на низкую пропускную способность и возможность обрабатывать относительно короткие последовательности ДНК до 750–820 пар оснований (п.о.), определяемых с относительной точностью 98,5–99 % в одном анализе [25, 26], автоматизированный метод Сенгера с анализом последовательности нуклеотидов в варианте капиллярного электрофореза остается лучшим методом идентификации коротких tandemных повторов и секвенирования фрагментов отдельных генов [23–27].

Преимущества метода NGS по сравнению с сенгеровским заключается в его большей пропускной способности за счет одновременного секвенирования большого количества относительно коротких перекрывающихся участков – контигов, а также с возможностью намного более широкого покрытия последовательности гена, связанного с лекарственной чувствительностью [15, 28, 29]. С 2011 г. появились технологии NGS (PacBio и Oxford Nanopore), имеющие возможность определять значительно более длинные нуклеотидные последовательности с длиной более 5000 п.о., в среднем для платформ PacBio длина прочтения составляет 8500 п.о. В этих платформах отсутствует такой недостаток, как короткая последовательность определения единичного сиквенса при низкой точности прочтения отдельных оснований [22]. Однако платформы таргетного секвенирования, осуществляющие «чтение» более коротких последовательностей, предпочтительнее в использовании, так как они дают возможность детально и точно определить последовательность любого из генов, ассоциированных с лекарственной чувствительностью [15].

Метод Сенгера имеет важное преимущество, позволяющее использовать его как референсный. Малое количество ошибок, возникающих в процессе секвенирования, позволяет с относительно меньшими затратами и меньшей глубиной покрытия подвергнуть сиквенсному анализу достаточно протяженный участок гена [30]. При этом автоматизированный метод демонстрирует хорошую специфичность для конкретных последовательностей с минимальной

возможностью перекрестной контаминации [30]. Данный метод позволяет с высокой точностью определить наличие в регуляторных последовательностях фрагментов генов мутации, отвечающие за лекарственную чувствительность *M. tuberculosis* [23].

Лекарственная устойчивость штаммов *M. tuberculosis* возникает в результате мутаций функциональных генов. Эти мутации часто приводят к изменениям специфических участков белка, например сайтов связывания лекарств, или возникают в промоторных участках генов (инициаторах), что приводит к усилению или ослаблению транскрипции, или ее прерыванию при нонсенс-мутациях в экзоне⁶ [20, 31].

Изучение методом секвенирования минимальных изменений последовательности ДНК от наиболее частых точечных мутаций – *однонуклеотидных полиморфизмов* (*SNP – single nucleotide polymorphism*), представляющих собой замену одной пары азотистых оснований в локальной последовательности ДНК в пределах одного гена, до относительно редких *инсерций* (вставок однонуклеотидных участков ДНК) и *делеций* (потери однонуклеотидных участков ДНК, объединяемых термином *indel*), определяет чувствительность возбудителя туберкулеза к конкретному антибактериальному средству.

В классификации *SNP*-мутаций выделяют *транзиции*, происходящие при замене пуриновых азотистых оснований на пуриновые А→Г, или пиримидиновых азотистых оснований на пиримидиновые Т→С, и *трансверсии*, возникающие при замене пуриновых оснований на пиримидиновые или пиримидиновых на пуриновые Г→Т или Г→С, а также инсерции и делеции. Инсерции и делеции вызывают сдвиг рамки считывания, если встраиваемый или удаляемый фрагмент цепи ДНК не кратен трем группам нуклеотидов, что приводит к ошибкам считывания последовательности и остановке синтеза белка на рибосомах *M. tuberculosis* или запускает формирование нефункциональной третичной структуры белка с потерей его функции, если белок представлял собой мишень для лекарственного препарата. В результате дефектный нефункционирующий белок избегает взаимодействия с противотуберкулезным средством.

SNP-мутации классифицируют на синонимичные и несинонимичные полиморфизмы,

имеющие различные функциональные характеристики. Несинонимичные *SNP*-мутации ведут к замене аминокислоты в белковой цепи на другую и подвергаются давлению естественного отбора *in vivo* и *in vitro*. Этот вид мутаций ответственен за формирование устойчивости туберкулезной микобактерии к противотуберкулезным лекарствам. Синонимичные *SNP*-мутации функционально и биологически нейтральны, не вызывают замены аминокислот и не играют роли в мутационной изменчивости и изменении чувствительности *M. tuberculosis* к лекарственным препаратам [32].

Одним из наиболее эффективных инструментов оценки биологического значения устойчивости МБТ к противотуберкулезным препаратам может стать анализ спектра мутаций, ассоциированных с резистентностью. Известно, что разные виды мутаций с определенной локализацией и их сочетания в геноме микобактерии могут приводить к высокому, промежуточному или низкому уровню резистентности к фармакологическому препарату, а частота распространения мутантных штаммов МБТ у впервые выявленных больных туберкулезом показывает влияние мутаций на трансмиссивность изолятов^{6, 7} [1, 31]. Существует необходимость установить связи между конкретными *SNP*-типами и другими мутациями в экзонных и регуляторных последовательностях генов, связанных с лекарственной устойчивостью [14, 33].

Устойчивость к противотуберкулезным препаратам и установление правильной ассоциации с определенными мутациями должна быть подтверждена стандартизованными лабораторными методами, в первую очередь фенотипическими тестами лекарственной чувствительности методом Bactec MGIT [35]. Уровень лекарственной устойчивости к определенному препарату обуславливается значением минимальной ингибирующей концентрации (МИК), показатели которой отличаются у штаммов микобактерий со специфичным спектром му-

таций, выделенных от разных пациентов⁸. Исследование The CRyPTIC Consortium (2024) показали, что существуют многочисленные мутации, различающиеся фенотипически разными уровнями МИК противотуберкулезных препаратов, в том числе к такому показательному для лечения туберкулезной инфекции лекарственному средству, как Рифампицин [36].

Для уменьшения расхождения результатов исследования лекарственной чувствительности МБТ фенотипическими и молекулярно-генетическими методами критические концентрации препаратов регулярно пересматриваются. Например, для Рифампицина МИК была уменьшена с 1 до 0,5 мг/л при применении метода Bactec MGIT, что позволяет более точно соотносить изученный спектр мутаций и ассоциировать каждую из мутаций с разными уровнями резистентности⁹.

ВОЗ систематизировала многочисленные данные исследований в «Каталоге мутаций *M. tuberculosis complex* и их связи с лекарственной устойчивостью»⁷. В Каталоге объединена информация по перечню ассоциативных с препаратами мутаций; по положению продукта мутации в структуре полипептидной цепи белка; по абсолютным количествам обнаруженных восприимчивых и устойчивых изолятов микобактерий (с мутацией и без нее); по частоте обнаружения, истинной положительной и отрицательной скорости мутации; прогностической ценности мутации (единственной и в сочетании с другими); в отношении шансов единственной мутации [22, 34].

Ввиду появления в схемах лечения туберкулеза новых противотуберкулезных препаратов: Бедаквилина (Bdq), Деламанида (Dlm), Претоманида (Pa), Линезолида (Lzd), Клофазимины (Cfz), показавших свою эффективность в режимах, рекомендованных ВОЗ, необходимо рас-

⁶Catalogue of mutations in Mycobacterium tuberculosis complex and their association with drug resistance. Geneva: World Health Organization; Second edition, 2023, 129 p. licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo>. Эл. ресурс: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/374061/9789240082410-eng.pdf?sequence=1> (дата обращения: 18.11.2024)

⁸The use of next-generation sequencing for the surveillance of drug-resistant tuberculosis: an implementation manual. Geneva: World Health Organization; 2023, 120 p. Эл. ресурс: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/373419/9789240078079-eng.pdf?sequence=1> (дата обращения: 18.11.2024)

⁹Technical report on critical concentrations for drug susceptibility testing of isoniazid and the rifamycins (rifampicin, rifabutin and rifapentine). Geneva: World Health Organization; 2021. 87 p. Эл. ресурс: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/339275/9789240017283-eng.pdf?sequence=1> (дата обращения: 18.11.2024)

смотреть наиболее распространенные мутации, способные привести к развитию резистентности. Метод сегнеровского секвенирования позволяет провести таргетное секвенирование лекарственной устойчивости ко всем противотуберкулезным препаратам при условии целевого подбора праймеров к участкам, статистически наиболее подверженным мутациям, а при подборе праймеров с перекрывающимися участками амплификации – надежно определить полную последовательность гена [29].

Обсуждение. В отечественных и зарубежных публикациях подробно рассмотрены вопросы частоты выявления лекарственно-устойчивых штаммов МТБ к противотуберкулезным препаратам первого ряда (Рифампицин, Изониазид, Пиразинамид, Этамбутол) и несколько меньше – к препаратам второго ряда (Fq), еще меньше информации – по чувствительности к новым препаратам второго ряда (Bdq, Dlm, Pa, Lzd, Cfz). Рассмотрение генных мутаций, связанных с устойчивостью к противотуберкулезным препаратам в рекомендованных ВОЗ режимах терапии туберкулеза, имеет важное практическое значение для выбора праймеров при проведении секвенирования по Сенгеру.

Рифампицин – один из самых эффективных противотуберкулезных антибиотиков, который вместе с изониазидом составляет основу многокомпонентной схемы лечения туберкулеза [38–40]. Наиболее часто мутации, формирующие резистентность к RIF, обнаруживаются в гене *rpoB* в 531-м (по альтернативной номенклатуре – в 450) положении полипептидной цепи белка Ser450Leu – 64,4 %, реже обнаруживаются мутации в 516 (по альтернативной номенклатуре – в 435) положении с заменой Аспарагина на Валин (Asp435Val) – 6,9 %, еще более редкой является мутация в 526 (по альтернативной номенклатуре – в 445) положении с заменой Гистидина на Аспарагин (His445Asp) – 3,6 %⁷.

При этом показатели распространенности отдельных мутаций, доминирующих в разных странах, различаются. Наиболее распространенными однонуклеотидными мутациями в гене *rpoB*, ответственных за устойчивость к RIF, представлены в табл. 1.

Распространенность однонуклеотидных мутаций Ser531(450)Leu в Санкт-Петербурге, Иркутской области и Республике Саха (Якутия) [33] составила 42,3–42,9 % от всех рифам-

пицин-резистентных штаммов туберкулеза. В Москве этот показатель составил 82,9 % [50].

Наиболее ранние исследования распространенности мутаций генов лекарственной устойчивости к Рифампицину (*rpoB*), которые проводили в 2001–2004 гг. в Архангельской области, обнаружили доминирующие мутации Ser531(450)Leu – 70,3 %, His526(445)Ser – 9,9 %, Asp516(435)Val – 6,3 %¹⁰ [51]. В Ярославской и Омской областях распространенность мутации Ser531(450)Leu составила от 40 до 50 % [1], в Саратовской области – 21,3 % [6, 7]. В республике Марий Эл выявленная частота распространенности мутации Ser531(450)Leu составила 83,7 %¹¹, в Ямало-Ненецком автономном округе – 70,4 % [52]. В Западно-Сибирском регионе РФ выявленная частота распространенности мутации Ser531(450)Leu составила 52,5 %¹².

Исследования по секвенированию ДНК показали, что 95 % штаммов *M. tuberculosis*, устойчивых к RIF, имеют мутацию в области «горячей точки» длиной 81 п.н. (кодона 507–533) гена субъединицы РНК-полимеразы (*rpoB*) [40]. Таким образом, наиболее распространенная мутация в положении Ser531(450)Leu в гене *rpoB*, встречающаяся во многих странах (включая Российскую Федерацию), может быть исследована методом секвенирования.

Вторым основным препаратом для медикаментозной терапии лекарственно-чувствительного туберкулеза является Изониазид, который используется в лечении более 70 лет. В отличие от Рифампицина Изониазид эффективен только против метаболически активных реплицирующихся бацилл. Устойчивость к этому препарату связана с мутациями в нескольких генах, таких как *katG*, *inhA*, *ahpC*, *kasA* и *ndh* [2, 4, 34, 38, 39].

Основной ген, определяющий устойчивость к INH, – *katG*. Любая мутация, нарушающая

¹⁰Тунгусова О.С. Молекулярно-генетические аспекты развития лекарственной устойчивости в условиях угрозы развития эпидемии туберкулеза в Архангельской области: автореф. дисс. д.м.н. Архангельск, 2004. 34 с.

¹¹Петрова Л.В. Характеристика биологических свойств микобактерий, выделенных в республике Марий Эл, оптимизация алгоритма их выявления: автореф. дисс. к.м.н. М., 2023., 177 с.

¹²Филипенко М.Л. Молекулярно-генетическое типирование *Mycobacterium tuberculosis*, выявление мутаций генома, вызывающих резистентность к противотуберкулезным препаратам: автореф. дисс. д.б.н., Новосибирск, 2022. 30 с.

Таблица 1

Наиболее распространенные мутации в гене *rpoB*, отвечающие за устойчивость к Рифампицину, в разных странах за период с 2004 по 2019 г.

Table 1

The most common mutations in the *rpoB* gene responsible for rifampicin resistance in different countries between 2004 and 2019

Страна	Период исследования, годы	Доминирующие мутации	Изменение в белковой цепи	Доминирующие мутации, %	Литературный источник
Россия	1997–2005	Ser531(450) Leu	Серин 531→Лейцин	62,80	[1]
Китай	1999–2004	Ser531(450) Leu	Серин 531→Лейцин	35,75	[1]
США	2000–2008	Ser531(445) Leu His526(445) Tyr Asp516(435) Val	Серин 531→Лейцин, Гистидин 526→Тирозин, Аспарагиновая кислота 516→Валин	62,1 11,5 6,9	[45]
Бразилия	2003–2004	Ser531(450) Leu	Серин 531→Лейцин	74,4	[46]
Перу	2003–2004	Ser531(450) Leu	Серин 531→Лейцин	73,5	[46]
Аргентина	2003–2004	Ser531(450) Leu	Серин 531→Лейцин	71,4	[46]
Польша	2004	Ser531(450) Leu Asp516(435) Tyr Asp516(435) Val	Серин 531→Лейцин, Аспарагиновая кислота 516→Тирозин, Аспарагиновая кислота 516→Валин	37,5 9,4 4,7	[40]
Белоруссия	2003–2010	Ser531(450) Leu Asp516(435) Val His526(445) Tyr	Серин 531→Лейцин, Аспарагиновая кислота 516→Валин, Гистидин 526→Тирозин	66,7 15,9 9,5	[41]
Киргизия	2008	Ser531(450) Leu Asp516(435) Tyr Leu511(430) Pro	Серин 531→Лейцин, Аспарагиновая кислота 516→Тирозин, Лейцин 511→Пролин	56 7,6 6,8	[43]
Россия	2008–2011	Ser531(450) Leu Asp516(435) Val Asp516(435) Tyr	Серин 531→Лейцин, Аспарагиновая кислота 516→Валин, Аспарагиновая кислота 516→Тирозин	84,75 3,57 1,81	[1]
Бразилия	2008–2012	Ser531(450) Leu Ser531(450) Trp His526(445) Tyr	Серин 531→Лейцин, Серин 531→Триптофан, Гистидин526→Тирозин	58,5 20,8 5,7	[47]
Казахстан	2012	Ser531(450) Leu His526(445) Leu His526(445) Tyr	Серин 531→Лейцин, Гистидин526→Лейцин, Гистидин526→Тирозин	77,5 5 3,75	[42]
Уганда	2013– 2016	His526(445) Asp Leu511(430) Pro Ser531(450) Leu	Гистидин526→Аспарагиновая кислота, Лейцин 511→Пролин, Серин 531→Лейцин	91,1 4,44 4,44	[10]
Эфиопия	2015– 2016	Ser531(450) Leu His526(445) Tyr Asp516(435) Val	Серин 531→Лейцин, Гистидин 526→Тирозин, Аспарагиновая кислота 516→Валин	67 10 4,4	[49]
Малави	2016	His526(445) Tyr Ser531(450) Leu Asp516(435) Val	Гистидин526→Тирозин, Серин 531→Лейцин, Аспарагиновая кислота 516→Валин	29,7 27,0 16,2	[44]

Продолжение табл. 1 см. на стр. 16

Страна	Период исследования, годы	Доминирующие мутации	Изменение в белковой цепи	Доминирующие мутации, %	Литературный источник
Гана	2013–2016	His526(445) Tyr Ser531(450) Leu Leu533(452) Pro	Гистидин 526→Тирозин, Серин 531→Лейцин, Лейцин 533→Пролин	22,2 22,2 22,2	[10]
Кения	2013–2016	His526(445) Tyr Asp516(435) Val	Гистидин 526→Тирозин, Аспарагиновая кислота 516→Валин	90,91 9,09	[10]
Замбия	2013–2016	His526(445) Asp Asp516(435) Val	Гистидин526→Аспарагиновая кислота, Аспарагиновая кислота 516→Валин	75,0 25,0	[10]
Мексика	2017	Ser531(450) Leu Ser512(431) Trn His526(445) Asp Arg529 (448) Gln	Серин 531→Лейцин, Серин 531→Треонин, Гистидин526→Аспарагиновая кислота, Аргинин529→Глутамин	53 20 3 13	[28]
Индия	2018–2019	Ser531(450) Leu	Серин 531→Лейцин	> 80	[48]

способность *katG* окислять изониазид, приводит к устойчивости⁷ [2, 4]. Ген *ahpC* (*oxyR*) кодирует алкилгидропероксидазу и отвечает за дополнительную защиту микробной клетки от пероксидов [2]. В генах *inhA*, *ahpC* гораздо реже встречаются клинически значимые мутации; многие однонуклеотидные замены в них не формируют резистентности к INH.

В «Каталоге мутаций» ВОЗ наиболее частыми мутациями, формирующими устойчивость к изониазиду, являются: 1) в гене *katG* – Ser315Thr, с заменой Серина на Треонин в 315 положении (77,8 % от всех изолятов с мутацией в *katG*); 2) в гене *inhA* – мутация в области его промотора (*fabG1* C-15t), она же – *inhA* 777C > T – в 777 положении выше оперона в позиции цитозина с заменой его тиминном (21,3 % от всех изолятов с мутацией в *inhA*); 3) мутация промотора в гене *inhA* выше оперона 154G > A – в 154 положении в позиции гуанина с заменой его на аденин (3,6 % от всех изолятов).

Выявлено, что все мутации *katG* обеспечивают высокий уровень устойчивости к Изониазиду, тогда как мутации *inhA* приводят к низкому уровню резистентности, если они возникали изолированно. Однако генетически связанные мутации *inhA* имеют суммирующий эффект и обуславливают высокую устойчивость к INH⁷.

В европейских странах, США и большинстве стран Азии показатель обнаружения мутации Ser315-Thr (с мутацией замены в кодоне

AGC→ACC) был гораздо ниже: в США – 42,2 %, в Италии – 64,8 %, в Великобритании – 58,4 %, в Корее – 31,1% в Гонконге – 45,2 %, в Китае – 56,6 %. Частота данной мутации, наиболее близкая к российскому показателю, встречалась в Германии – 84,5 % [1]. Выявлено, что повсеместно встречаемость мутаций Ser315-Thr (с мутацией замены в кодоне AGC→ACA) низкая (≤ 2 %), исключением являлись США: в этой стране частота мутаций составляла 20,4 %. А вот очень редко встречающаяся в странах Европы, Азии и Америки мутация в промоторной области *ahpC*-46(G>A) с резистентностью к INH обнаружена в Великобритании – у 23,8 % штаммов [1].

В России мутации (*katG* – Ser315Thr, *inhA* – 777C > T) также доминировали в 2011–2018 гг. с распространенностью 93,28 % и 19,16 % соответственно [1]. В Казахстане (2012) мутацию Ser315Thr в *katG* также обнаруживали с подавляющей частотой – 97,5 % [42], в других странах СНГ (2011–2018 гг.) – 77 % и выше¹¹.

Исследования, проведенные в Архангельской области (2001–2004 гг.), показали, что наиболее часто (92,0 %) устойчивость к Изониазиду в гене *katG* формирует мутация Ser315Thr (с мутацией замены в кодоне AGC→ACC); в 2,7 % случаев – Ser315Ile (с мутацией замены в кодоне AGC→ATC); в 5,4 % – мутации в других генах (*inhA*, *ahpC*-*oxyR*)¹⁰.

Два основных молекулярных механизма резистентности к Изониазиду связаны с мутаци-

ями генов в *katG* и *inhA* или его промоторной области. Многочисленные исследования обнаружили мутации в этих двух генах как наиболее часто связанные с резистентностью к Изониазиду [39].

Изучение МБТ позволило установить, что мутация Ser315Thr является наиболее неблагоприятной и распространенной из мутаций в гене *katG* и приводит к продукту трансляции INH, недостаточному для образования аддукта изониазида-НАД, необходимого для проявления его антимикробной активности. Микобактерии туберкулеза с этой мутацией сохраняют свою вирулентность, обладают высоким уровнем лекарственной устойчивости с МИК > 1 мкг/мл, а также наибольшим потенциалом к широкому распространению в качестве изолятов с МЛУ⁶ [39, 53].

Вторая по частоте мутация происходит в промоторной области *inhA*, вызывая сверхэкспрессию белка InhA (еноил-АСР-редуктаза) или, реже, мутацию в его активном сайте, что снижает его сродство к аддукту изониазида-НАД [45]. Мутации в *inhA* вызывают устойчивость не только к INH, но и к структурно связанному препарату Этионамиду, который имеет ту же цель [39]. В *M. tuberculosis* *ahpC* кодирует алкилгидропероксидазоредуктазу, которая участвует в устойчивости к реактивным кислородным промежуточным продуктам.

Первоначально предполагалось, что мутации в промоторе *ahpC* могут использоваться в качестве прокси-маркеров устойчивости к INH [39]. Сравнительно недавно показано, что мутации в промоторе *ahpC* являются компенсаторными мутациями для потери активности каталазы/пероксидазы, а не причиной устойчивости к INH [39]. Более того, усиление экспрессии *ahpC* не обеспечивает устойчивость к Изониазиду [39]. В нескольких исследованиях были обнаружены однонуклеотидные полиморфизмы в других генах в клинических изолятах *M. tuberculosis*, устойчивых к Изониазиду, включая *kasA* и межгенные области *oxyR-ahpC* и *furA-katG* [45]. Эти две мутации: *katG*315 и *inhA* -777C > T (fabG1c-15t), в сочетании с десятью наиболее часто выявляемыми мутациями в промоторе *inhA* и межгенной области *ahpC-oxyR*, объясняют 84 % глобальных фенотипических резистентностей к INH [40].

Распространенность мутаций, определенных на данный момент, различается для штаммов

M. tuberculosis, полученных из разных стран. Создание международной базы данных туберкулеза Drug Resistance Mutation Database (TBDRaMDB) значительно упростило получение информации о мутациях, ассоциированных с устойчивостью к различным противотуберкулезным препаратам, обнаруженных у штаммов МБТ, выделенных в различных регионах мира¹³ [60]. В базе данных доступна информация по следующим регионам:

– для мутаций, с высокой достоверностью приводящих к устойчивости к RIF: Россия (1997–2005) – 709 устойчивых к RIF штаммов, Италия (2002–2005) – 142, Германия (2001) – 103, Китай (2005–2006) – 214, Гонконг (1994–2004) – 437, Тайвань (1998–2008) – 472, Корея – 115, Индия (2001–2003) – 149, Тайланд (2003–2005) – 154, Вьетнам (2005) – 104 устойчивых штамма;

– для мутаций, с высокой достоверностью приводящих к устойчивости к INH: Россия (1997–2005) – 217 устойчивых к INH штаммов, Казахстан (2004) – 142, Великобритания (1998) – 202, Италия (2002–2005) – 176, Германия (2001) – 103, Китай (1999–2004) – 106, Гонконг (1994–2004) – 241, Корея – 119, США (1999–2004) – 147 устойчивых штаммов.

Указанные выше мутации, характерные для Российской Федерации (*katG* –Ser315Thr; *katG* – Ser 315Ile, *inhA*-777C > T; *inhA*-154G > A), необходимо определять при проведении таргетного секвенирования.

Другое эффективное противотуберкулезное средство – Пиразинамид стал применяться в начале 1950-х годов и в настоящее время является частью стандартной схемы первой линии для лечения туберкулеза [39]. Он обладает свойством ингибировать нереплицирующиеся персистирующие бациллы, находящиеся в кислой среде туберкулезных гранулем [39]. Пиразинамид также является пролекарством, которое необходимо преобразовать в активную форму – пиразиновую кислоту – ферментом пиразинамидазой/никотинамидазой, кодируемым геном *pncA* [38, 39, 54].

Препарат эффективен при резистентности микобактерий к Рифампицину и Изониазиду.

¹³International Tuberculosis Database (Международная база данных туберкулеза) – Drug Resistance Mutation Database (TBDRaMDB). Эл. ресурс: <http://www.tbdreamdb.com/> (дата обращения: 18.11.2024).

В «Каталоге мутаций» ВОЗ наиболее распространенными мутациями в гене *pncA* являются мутации сдвига рамки считывания с потерей функции LoF, расположенные в области промотора, покрывающей область 82 п.н., что составляет 13,0 % от мутаций в гене. Второй по распространенности мутацией в гене *pncA* является His57Asp. Третья по распространенности мутация состоит в изменении кодона инициатора в промоторе гена *pncA* и определяется как 11A > G. Данные мутации в гене *pncA* ассоциированы с высоким уровнем резистентности к Z⁷. Распространенность мутаций гена *pncA* в разных странах, согласно литературным данным, такова:

- в Эфиопии (2015–2016) – мутация промотора в межгенной области в позиции 65fs – инсерция аденина в 193 положении (27,9 %); менее распространена мутация замены Val130Gly (7,4 %); еще реже встречаются мутации замены Thr76Pro, Ala102Val, Val139Ala – по 5,9 % каждая [49];

- в США наиболее частой является мутация со сдвигом рамки считывания с потерей функции LoF – 23,1 %; второй по распространенности является мутация Gln10Pro – 6,2 % [45].

В Российской Федерации опубликованы данные (Иркутская область, 2023) по исследованию мутаций фрагментов гена *pncA*, формирующих устойчивость к Пиразинамиду. Методом секвенирования по Сенгеру из 16 исследованных культур *M. tuberculosis* 3 образца определены как резистентные; 3 образца отнесены к резистентным, с мутациями, вызывающими сдвиг рамки считывания гена *pncA* (инсерции и делеции); 5 образцов с миссенс-мутациями в *pncA* отнесены к изолятам с промежуточной резистентностью к Пиразинамиду; 5 образцов определены как чувствительные, но с выявленными миссенс-мутациями, неассоциированными с резистентностью к препарату [61].

Из препаратов второго ряда, используемых в лечении МЛУ-туберкулеза, наиболее эффективные, входящие в основные схемы лечения и требующие выбора праймеров, определяющих генные мутации в целевом секвенировании, – это Bdq, Lzd, Cfz, Dlm, Pa и группа Fq – Lfx и Mfx.

Бедаквилин – препарат класса диарилхинолонов, который был создан после тридцатилетнего периода отсутствия новых лекарств против микобактерии. В клинические рекомендации

по диагностике и лечению МЛУ/ШЛУ туберкулеза был включен Bdq. Бедаквилин продемонстрировал высокую бактерицидную и стерилизующую активность против МЛУ/пре-ШЛУ штаммов *M. tuberculosis*. Согласно «Каталогу мутаций» ВОЗ наиболее распространенной мутацией гена *Rv0678 (mmpR)*, формирующей высокий уровень перекрестной резистентности между Bdq и Cfz, является мутация сдвига рамки считывания с потерей функции LoF, обнаруженная в 41,0 % штаммов; с меньшей частотой наблюдаются нонсенс-мутации сдвигов рамки считывания в гене *Rv0678* в положении Glu49 – в 13,7 %; в положении Asp47 – в 5,9 % случаев. Наиболее часто устойчивость вызывают мутации сдвига рамки считывания в 6-гуаниновом гомополимере в позициях 192–198 или в областях с низкой сложностью последовательности в позициях 138–144 или 212–216 гена *Rv0678*. Меньшие уровни резистентности к Bdq и Cfz получают изоляты микобактерий, имеющие мутации сдвига рамки считывания с потерей функции в гене *perpQ* (0,8 %) и мутации замены азотистых оснований в гене *atpE* в 61 и 28 положениях полипептидной цепи Glu61Asp, Asp28Ala, Asp28Gly, Asp28Val с формированием промежуточной устойчивости⁷ [37].

В недавних работах 2023–2024 гг. по исследованию мутаций в генах *atpE* и *Rv0678 (mmpR)*, связанных с устойчивостью *M. tuberculosis* к Бедаквилину в России, показано, что в генах лекарственной устойчивости, в немногочисленных изученных МЛУ-штаммах с бактериологической резистентностью к Бедаквилину широко распространены множественные мутации со сдвигом рамки считывания между положениями кодонов 15 и 434 (15, 133, 138, 141, 175, 176, 192, 274, 288, 291, 337, 359, 418, 434), а также мутаций с нуклеотидными заменами между кодонами 106 и 425 (106, 119, 136, 193, 341, 425). Меньше выявлено единичных мутаций со сдвигом рамки считывания в 141, 359 и 418 кодонах. Также мутации обусловлены сдвигом рамки считывания в двух положениях гена *mmpR*, а также комбинацией сдвига рамки считывания и однонуклеотидной замены. Единичные мутации однонуклеотидной замены в *atpE* фиксировались крайне редко ввиду немногочисленности изученных бедаквиллин-устойчивых штаммов [12, 55]. Наиболее распространенными мутациями в гене *atpE*, обнаруженными у изолятов, устойчивых к Bdq, является Ala63Pro – 0,7 %

и Пе66Met – 0,7 % случаев. Последняя вносит модификацию, которая мешает правильному связыванию Бедаквилина с его мишенью⁷ [57].

Антибиотик Линезолид (класс оксазолидиноны) рекомендован к использованию при пре-ШЛУ-ТБ и МЛУ-ТБ. Включение Lzd в режим терапии пре-ШЛУ-ТБ позволяет достигнуть эффективного лечения у 87 % пациентов (по данным бактериологических методов исследования).

Фармакокинетические свойства Lzd, включая скорость и полноту всасывания при пероральном приеме и хорошее распределение в жидкости эпителиальной выстилки легких, позволяют предполагать, что препарат способен проникать в малодоступные толстостенные полости легких и туберкулезных каверн, где обычно располагаются очаги поражения МБТ [19, 39]. В «Каталоге мутаций» ВОЗ зарегистрированы наиболее распространенные мутации генов *rplC* и *rrl*: в гене *rplC* в положении Cys154Arg рибосомного белка L3 при замене в позиции t460c (в 27,3 % исследованных мутаций генов, ассоциированных с высоким уровнем резистентности); в гене *rrl* в области некодирующего транскрипта 2814G > T замена гуанина тиминном в 2814-м положении в экзоне (в 5,1 % исследованных мутаций генов, ассоциированных со средним уровнем резистентности); в гене *rrl* в области некодирующего транскрипта 2270G > T замена гуанина тиминном в 2270-м положении в экзоне (в 3,5 % исследованных мутаций генов, ассоциированных со средним уровнем резистентности)⁷ [37, 58]. Устойчивость *M. tuberculosis* к Линезолиду является редким явлением, но исследование, анализировавшее 210 штаммов с множественной лекарственной устойчивостью, показало, что 1,9 % штаммов с МЛУ устойчивы к Lzd [39].

Фторхинолоны (Lfx и Mfx), также как Bdq и Lzd, относятся к группе А выбора препаратов при лечении МЛУ-ТБ. Левофлоксацин и Моксифлоксацин являются синтетическими производными исходного соединения налидиксовой кислоты, обнаруженной как побочный продукт противомаларийного хлорохина¹⁴ [39]. Основным механизмом развития резистентности *M. tuberculosis* к Fq являются хромосомные мута-

ции в областях *gyrA* или *gyrB*, определяющих резистентность к хинолонам [39].

В «Каталоге мутаций» ВОЗ наиболее распространенными мутациями, вызывающими устойчивость к Fq являются: для *gyrA* – мутация, вызывающая замену в цепи белка Asp94Gly (36,4 % от всех мутаций гена *gyr* для Lfx и 42,3 % от всех мутаций гена *gyr* для Mfx); затем следует мутация, меняющая структуру полипептида в положении Ala90Val (22,4 % от мутаций *gyr* для Lfx, и 18,0 % от всех мутаций гена *gyr* для Mfx); третьей по распространенности является мутация, приводящая к замене Asp94Ala (7,5 % от мутаций *gyr* для Lfx и 7,4 % от мутаций *gyr* для Mfx). Мутации в гене *gyrB*, вызывающие резистентность к Левофлоксацину и Моксифлоксацину, встречаются гораздо реже, чем в гене *gyrA*: так, для мутации Asp461Asn частота равна 0,8 %, для Asn499Thr – 0,4 %, для Asn499Asp – 0,3 % у Lfx; для Glu501Asp – 1,5 %, для Asn499Thr – 0,6 %, для Ala504Val – 0,3 % у Mfx⁷.

Регионарное распределение наиболее часто встречающихся мутаций гена *gyrA* *Mycobacterium tuberculosis*, ассоциированных с резистентностью к фторхинолонам, таково: в России (2011–2019) Asp94Gly – 44,64 %, Ala90Val – 21,21 %, Asp94Ala – 10,94 %, Asp94Asn – 8,71 %, Ser91Pro – 7,14 %, Asp94Tyr – 5,80 %, Asp94His – 1,34 %, Gly88Cys – 0,22 % [9]; в Белоруссии (2014–2015) Asp94Gly – 35,19 %, Ala90Val – 27,78 %, Asp94Tyr+Asp94His – 14,81 %, Asp94Ala – 12,96 %, Ser91Pro – 7,41 %, *gyrA*90+*gyrA*94 – 1,85 %, [41]; в Гане (2013–2016) Asp94Gly – 14,29 % [10], в Кении (2013–2016) Asp94Gly – 85,71 % [10].

Наиболее частые мутации, вызывающие устойчивость к фторхинолонам, обнаруживаются в позициях 90 и 94 *gyrA*, реже мутации выявляют в позициях 74, 88 и 91¹⁴ [39]. В 2012 г. был опубликован систематический обзор мутаций гиразы, связанных с резистентностью к фторхинолонам у *M. tuberculosis*. SNP-замены (мутации), связанные с устойчивостью *M. tuberculosis* к Fq, чаще возникают в регионе, определяющем устойчивость к фторхинолонам, – в консервативной области генов *gyrA* (320 п.н.) и *gyrB* (375 п.н.). В регионе гена *gyrA*, определяющем устойчивость к Fq, сосредоточено преобладающее большинство мутаций (45–85 %). Мутации однонуклеотидного полиморфизма в гене *gyrB* встречаются как са-

¹⁴Хахалина А.А. Молекулярно-генетический анализ мутаций в генах *gyrA* и *gyrB*, связанных с устойчивостью *M. tuberculosis* к фторхинолонам: автореф. дисс. к.б.н., М., 2014. 26 с.

мостоятельно, так и в сочетании с геном *gyrA*. Доля штаммов *M. tuberculosis*, резистентных к Fq, составляет около 7 %, однако роль некоторых из них в развитии устойчивости до конца не ясна. Кроме того, не все мутации в генах *gyrA* и *gyrB* связаны с перекрестной устойчивостью *M. tuberculosis* ко всей группе Fq¹⁴ [39].

Клофазимин – соединение риминофеназина – антимикробный, первоначально применяемый в качестве противолепрозного лекарственного средства препарат, используемый при лечении пре-ШЛУ-ТБ в составе комбинированной терапии в безальтернативных случаях, когда обнаружена устойчивость возбудителя к другим компонентам противотуберкулезного лечения или при их применении развились нежелательные побочные реакции [19, 37, 39]. Препарат обладает высокой противотуберкулезной активностью, демонстрирует синергический эффект при приеме с другими противотуберкулезными препаратами, а также обнаруживает низкую частоту формирования резистентности к нему изолятов МБТ.

Однако его эффективность снижает низкая растворимость в воде, а большая липотропность ведет к сильной кумуляции в тканях и последующим нежелательным эффектам, включая выраженную окраску кожных покровов. В настоящее время он рассматривается во 2-й группе ВОЗ для лечения МЛУ-ТБ [19, 39]. «Каталог мутаций» ВОЗ показывает у Клофазимина и Бедаквилина в гене *Rv0678* наиболее частую мутацию (29,4 %) сдвига рамки считывания с потерей функции LoF. С меньшей частотой наблюдаются нонсенс-мутации сдвигов рамки считывания в гене *Rv0678* в положении Glu49 (в 4,3 % исследованных мутаций генов, ассоциированных с высоким уровнем резистентности) и мутация замены в гене *Rv0678* в положении Gly121Arg, связанная с промежуточным уровнем устойчивости к Cfz⁷ [56, 59].

Новые высокоактивные противотуберкулезные препараты – Деламамид и Претоманид – относятся к классу нитроимидазолов, традиционно использующихся для лечения анаэробных и паразитарных инфекций [19].

Производным нитро-дигидро-имидазооксазола является Dlm. Он обладает высокоактивным химиотерапевтическим действием против *M. tuberculosis*, особенно в отношении внутриклеточных возбудителей, локализующихся в макрофагах. В комбинации с другими пре-

паратами он показал хорошую переносимость и значительную терапевтическую широту, а также высокую эффективность в комплексной терапии туберкулеза [19, 39]. Препарат отличается сильной бактерицидной активностью против энергично делящихся микобактерий, сравнимой с активностью RIF [39]. Отсутствует перекрестная устойчивость с каким-либо противотуберкулезным препаратом.

Претоманид представляет собой бициклическое производное нитроимидазола, которое показало специфическую активность против *M. tuberculosis*, и проходит клинические испытания в составе новых режимов химиотерапии, призванных сократить сроки лечения МЛУ-ТБ до 4 (Претоманид – Моксифлоксацин – Пиразинамид) или 3 мес (Бедаквилин – Претоманид – Пиразинамид) [19, 39].

У резистентных к Dlm и Ра микобактерий была обнаружена мутация в гене *Rv3547*, что предполагает его роль в активации препаратов⁷ [19, 39, 59]. В первом издании ВОЗ «Каталога мутаций *M. tuberculosis complex* и их связи с лекарственной устойчивостью» замена аминокислоты в гене *ddn Leu49Pro* – единственная мутация, которая была достаточно частой (4,4 % от всех мутаций в данном гене), чтобы классифицировать ее как мутацию, ассоциированную с промежуточной резистентностью к Dlm и Ра. Эта мутация сохранилась и во втором издании «Каталога». Вместе с тем объединенные мутации области гена *ddn LoF* сдвига рамки считывания с потерей функции, соответствовали критериям для группы промежуточной резистентности.

Кроме этих мутаций сдвига рамки считывания с потерей функции (LoF), в оставшихся пяти генах, связанных с устойчивостью к Деламамиду, мутации были ассоциированы с промежуточной и низкой резистентностью к препаратам для Dlm и Ра на основе лабораторных исследований по индуцированному мутагенезу (*fbiA* – 0,8 %, *fbiC* – 1,2 %, *fgd1* – 0,8 %, *fbiB* – 0,0 %, *Rv2983* – 0,0 %). При этом две мутации генов *fbiB* и *Rv2983* с потерей функции в лабораторных исследованиях клинических изолятов до настоящего времени не обнаруживались, мутации по гену *fbiB* связаны с низкой устойчивостью к Деламамиду⁷ [19].

Чтобы установить критическую концентрацию для Претоманида, ВОЗ ожидает последующие научные публикации. Из-за различной

внутренней восприимчивости различных линий микобактериального комплекса критическая концентрация препарата не установлена. Было получено достаточно доказательств, что мутации сдвига рамки считывания с потерей функции (LoF) в *ddn*, *fbiA*, *fbiB*, *fbiC*, *fgd1* и *Rv2983* вызывают перекрестную резистентность к Деламамиду и Претоманиду и, следовательно, должны интерпретироваться как мутации временной резистентности и для деламанида, и для претоманида. Мутации LoF также были описаны по крайней мере в некоторых из этих генов в клинических изолятах, которые не подвергались воздействию нитроимидазолов, что указывает на возможность внутренней гетерорезистентности к Деламамиду и Претоманиду, хотя это, по-видимому, встречается очень редко⁷ [19].

Заключение. Изучение связей мутаций в генах, ассоциированных с развитием лекарственной резистентности различного уровня, с фенотипическими тестами лекарственной чувствительности позволит создать и использовать эффективные алгоритмы лечения, способные по полному спек-

тру мутаций изолятов *M. tuberculosis* определить наиболее действенную схему терапии и предотвратить широкое распространение лекарственной устойчивости туберкулеза.

Молекулярно-генетические методы определения лекарственной чувствительности являются критически важными для начала адекватной терапии туберкулеза. Целевое секвенирование, в том числе и по Сенгеру, должно применяться наряду с хорошо зарекомендовавшими себя методами картриджной, стриповой технологии, мультиплексной и других ПЦР-технологий диагностики туберкулеза и тестов лекарственной чувствительности. Очевидно, что в сложных случаях МЛУ-ТБ и ШЛУ-ТБ-секвенирование будет иметь приоритетную значимость.

Выбор ключевых генов, ассоциированных с высоким уровнем резистентности к наиболее важным противотуберкулезным препаратам, указанным в литературном обзоре, имеет важное значение для формирования набора ряда праймеров при проведении таргетного секвенирования по Сенгеру.

Сведения об авторах:

Ковров Игорь Константинович – врач-бактериолог, лаборант-исследователь Центральной научно-исследовательской лаборатории; Северный государственный медицинский университет; 163069, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51; SPIN: 9231-3017; ORCID:0009-0005-5096-112X; e-mail: ingmar-kov@yandex.ru

Попова Юлия Алексеевна – аспирант кафедры фтизиопульмонологии, Северный государственный медицинский университет; 163069, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51; SPIN: 8735-4220; ORCID: 0000-0003-1684-6636; e-mail: yuliapopova0422@yandex.ru

Попова Ирина Алексеевна – студент факультета медико-профилактического дела и медицинской биохимии, Северный государственный медицинский университет; 163069, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51; ORCID: 0009-0003-7897-0680; e-mail: popova.irina.2754@gmail.com

Никишова Елена Ильинична – доктор медицинских наук, профессор кафедры фтизиопульмонологии; Северный государственный медицинский университет; 163069, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51; SPIN: 8011-1683; ORCID: 0000-0002-1542-6958; e-mail: e.nikishova@mail.ru

Марьяндышев Андрей Олегович – доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой фтизиопульмонологии; Северный государственный медицинский университет; 163069, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51; SPIN: 4006-6117; ORCID: 0000-0002-8485-5625; e-mail: maryandyshv@mail.ru

Information about the authors:

Igor K. Kovrov – Bacteriologist, Laboratory Researcher at the Central Research Laboratory, Northern State Medical University; 163069, Arkhangelsk, Troitsky Ave., 51; SPIN: 9231-3017; ORCID: 0009-0005-5096-112X; e-mail: ingmar-kov@yandex.ru

Yuliya A. Popova – Postgraduate Student of the Department of Phthisiopulmonology; Northern State Medical University; 163069, Arkhangelsk, Troitsky Ave., 51; SPIN: 8735-4220; ORCID: 0000-0003-1684-6636; e-mail: YuliaPopova0422@yandex.ru

Irina A. Popova – Student of the Faculty of Medical Biochemistry; Northern State Medical University; 163069, Arkhangelsk, Troitsky Ave., 51; ORCID: 0009-0003-7897-0680; e-mail: popova.irina.2754@gmail.com

Elena I. Nikishova – Dr. of Sci. (Med.), Professor of the Department of Phthisiopulmonology; Northern State Medical University; 163069, Arkhangelsk, Troitskiy ave., 51; SPIN: 8011-1683; ORCID: 0000-0002-1542-6958; e-mail: e.nikishova@mail.ru

Andrei O. Mariandyshv – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Phthisiopulmonology; Northern State Medical University; 163069, Arkhangelsk, Troitskiy ave., 51; SPIN: 4006-6117; ORCID: 0000-0002-8485-5625; e-mail: maryandyshv@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, прочитали и одобрили финальную версию перед публикацией).

Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция и план исследования – А.О. Марьяндышев, И.К. Ковров; сбор данных – И.К. Ковров, Ю.А. Попова, И.А. Попова; подготовка рукописи – И.К. Ковров, Ю.А. Попова, И.А. Попова, Е.И. Никишова, А.О. Марьяндышев

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: AOM, IKK contribution to the concept and plan of the study. IKK, IAP, YuAP contribution to data collection. SBN, SAN, KOB, GVD, ASK, IAS contribution to data analysis and conclusions. IKK, IAP, YuAP, EIN, AOM 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: финансирование подготовки обзора литературы осуществлялась в рамках государственного задания «Использование результатов молекулярно-эпидемиологических исследований и новых лекарственных средств, режимов в ликвидации туберкулеза в Архангельской области и Ненецком автономном округе» Министерства Здравоохранения Российской Федерации, №056-03-2024-072 от 24.01.2024.

Funding: funding for the preparation of the literature review was carried out within the framework of the state assignment “Use of the results of molecular epidemiological studies and new drugs, regimens in the elimination of tuberculosis in the Arkhangelsk region and the Nenets Autonomous Okrug”, №056-03-2024-072 от 24.01.2024

Поступила/Received: 25.01.2025

Принята к печати/Accepted: 15.03.2025

Опубликована/Published: 30.03.2025

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Андреевская С. Н., Смирнова Т. Г., Ларионова Е. Е., Андриевская И. Ю., Севастьянова Э. В., Черноусова Л. Н., Эргешов А. Э. Мутации в геноме *Mycobacterium tuberculosis*, ассоциированные с генотипической МЛУ: доминирующие варианты в современной (2011–2018 гг.) популяции Российских штаммов и метаанализ мировых данных // *Уральский медицинский журнал*. 2018. № 08 (163). С. 5–9 [Andreevskaya S. N., Smirnova T. G., Larionova E. E., Andrievskaya I. Yu., Sevastyanova E. V., Chernousova L. N., Ergeshov A. E. Mutations in the *M. tuberculosis* genome associated with genotypic MDR: dominant variants in the modern (2011–2018) population of Russian strains and meta-analysis of global data. *The Ural medical journal*, 2018, No. 08 (163), pp. 5–9 (In Russ.)].
2. Журавлев В. Ю., Арчакова Л. И., Маничева О. А., Виноградова Т. И., Елькин А. В., Левашев Ю. Н. Молекулярно-генетические методы в диагностике и терапии туберкулеза легких // *Методы диагностики и технологии*. 2009. Т. XXVI, № 5. с. 100–105 [Zhuravlev V. Yu., Archakova L. I., Manicheva O. A., Vinogradova T. I., Elkin A. V., Levashev Yu. N. Molecular and genetic methods in diagnostics and therapy of tuberculosis of lungs. *Methods of diagnostics and technology*, 2009, Vol. XXVI, No. 5, pp. 100–105 (In Russ.)].
3. Хромова П. А., Огарков О. Б., Жданова С. Н., Синьков В. В., Моисеева Е. Я., Цыренова Т. А., Кошечев М. Е., Зоркальцева Е. Ю., Савилов Е. Д. Выявление высокотрансмиссивных генотипов возбудителя в клиническом материале для прогноза неблагоприятного течения туберкулеза // *Клиническая лабораторная диагностика*. 2017. Т. 62, № 10. С. 622–627 [Khromova P. A., Ogarkov O. B., Zhdanova S. N., Sinkov V. V., Moiseyeva E. Ya., Tsyrenova T. A., Koshcheev M. E., Zorkaltseva E. Yu., Savilov E. D. Identification of highly transmissible genotypes of the pathogen in clinical material for the prognosis of an unfavorable course of tuberculosis. *Clinical laboratory diagnostics*, 2017, Vol. 62, No. 10, pp. 622–627 (In Russ.)]. doi: <https://dx.doi.org/10.18821/0869-2084-2017-62-10-622-627>.
4. Бурмистрова И. А., Самойлова А. Г., Тюлькова Т. Е., Ваниев Э. В., Баласанянц Г. С., Васильева И. А. Лекарственная устойчивость *M. tuberculosis* (исторические аспекты, современный уровень знаний) // *Туберкулез и болезни легких*. 2020. Т. 98, № 1. С. 54–61 [Burmistrova I. A., Samoylova A. G., Tyulkova T. E., Vaniev E. V., Balasanyants G. S., Vasilyeva I. A. Drug resistance of *M. tuberculosis* (historical aspects, current level of knowledge). *Tuberculosis and Lung Diseases*, 2020, Vol. 98, No. 1, pp. 54–61 (In Russ.)]. doi: <http://doi.org/10.21292/2075-1230-2020-98-1-54-61>.
5. Кожамкулов У. А., Каиров У. Е., Рахимова С. Е., Ережепов Д. А., Ахметова А. Ж., Молкенов А. Б., Утюбаев А., Акильжанова А. Р. Идентификация генетических маркеров лекарственной устойчивости на основе полных геномов клинических изолятов *M. tuberculosis* // *KzNaU Bulletin. Biology series*. 2016. № 2 (67). С. 95–103 [Kozhamkulov U. A., Kairov C. U., Rakhimova S. E., Erezhepov D. A., Akhmetova A. Z., Molkenov A. B., Utyubayev A., Akilzhanova A. R. Identification of genetic of drug resistance based on complete genomes of clinical isolates of *M. tuberculosis*. *KzNaU Bulletin. Biology series*, 2016, No. 2 (67), pp. 95–103 (In Russ.)].
6. Салина Т. Ю., Морозова Т. И. Распространенность и спектр мутаций в генах, ассоциированных с лекарственной устойчивостью *M. tuberculosis* к Иониазиду и Рифампицину, у пациентов с разными клиническими проявлениями туберкулеза // *Туберкулез и болезни легких*. 2023. Т. 101, № 1. С. 28–33 [Salina T. Yu., Morozova T. I. Prevalence and Patterns of Gene Mutations Associated with *M. tuberculosis* Resistance to Isoniazid and Rifampicin in Patients with Different Clinical Manifestations of Tuberculosis. *Tuberculosis and Lung Diseases*, 2023, Vol. 101, No. 1, pp. 28–33 (In Russ.)]. doi: <http://doi.org/10.58838/2075-1230-2023-101-1-28-33>.
7. Салина Т. Ю., Морозова Т. И. Распространенность мутаций в генах микобактерий туберкулеза, кодирующих лекарственную устойчивость к изониазиду и рифампицину, у больных туберкулезом в разных возрастных группах // *Туберкулез и болезни легких*. 2019. Т. 97, № 4. с. 12–18 [Salina T. Yu., Morozova T. I. Prevalence of mutations in

- M. tuberculosis genes coding resistance to isoniazid and rifampicin in tuberculosis patients from different age groups. *Tuberculosis and Lung Diseases*, 2019, Vol. 97, No. 4, pp. 12–18 (In Russ.]. doi: <http://doi.org/10.21292/2075-1230-2019-97-4-12-18>.
8. Abubakar I., Zignol M., Falzon D., Raviglione M., Ditiu L., Masham S., Adetifa I., Ford N., Cox H., Lawn S. D., Marais B. J., McHugh T. D., Mwaba P., Bates M., Lipman M., Zijenah L., Logan S., McNerney R., Zumla A., Sarda K., Nahid P., Hoelscher M., Pletschette M., Memish Z. A., Kim P., Hafner R., Cole S., Migliori G. B., Maeurer M., Schito M., Zumla A. Drug-resistant tuberculosis: time for visionary political leadership. *Lancet Infectious Diseases*, 2013, Vol. 13, Issue 6 M, pp. 529–539. Published Online March 24, 2013. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099\(13\)70030-6](http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099(13)70030-6).
 9. Андреевская С. Н., Смирнова Т. Г., Черноусова Л. Н., Ларионова Е. Е., Киселёва Е. А. Эргешов А. Э. Особенности генотипической резистентности к фторхинолонам у Mycobacterium tuberculosis, циркулирующих в Российской Федерации // *Вестник РГМУ*. 2022. № 5. С. 15–22 [Andreevskaya S. N., Smirnova T. G., Chernousova L. N., Larionova E. E., Kiselyova E. A., Ergeshov A. E. Features of genotypic resistance to fluoroquinolones in Mycobacterium tuberculosis, circulating in the Russian Federations. *Messenger RGMU*, 2022, No. 5, pp. 15–22 (In Russ.]. doi: <https://doi.org/10.24075/vrgmu.2022.054>.
 10. Rowneki M., Aronson N., Du P., Sachs P., Blakemore R., Chakravorty S., et al. Detection of drug resistant M. tuberculosis by high-throughput sequencing of DNA isolated from acid fast bacilli smears. *PloS ONE*, 2020, Vol 15, No. 5, e0232343. 17 p. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232343>.
 11. Мокроусов И. В. Некоторые особенности структуры генома и эволюции M. tuberculosis // *Инфекция и иммунитет*. 2011. Т. 1, № 3. с. 211–220 [Mokrousov I. V. Some features of the genome structure and evolution of M. tuberculosis. *Infection and immunity*, 2011, Vol. 1, No. 3, pp. 211–220 (In Russ.].
 12. Синьков В. В., Кондратов И. Г., Огарков О. Б., Жданова С. Н., Носков А. П., Хромова П. А., Орлова Е. А., Лабьгина А. В., Рычкова Л. В., Колесникова Л. И. Онлайн-сервис для интерпретации результатов при прогнозировании устойчивости к бедаквилину по молекулярно-биологическим данным // *Acta biomedica scientifica*. 2023. Т. 8, № 6. С. 124–129 [Sinkov V. V., Kondratov I. G., Ogarkov O. B., Zhdanova S. N., Noskov A. P., Khromova P. A., Orlova E. A., Labygina A. V., Rychkova L. V., Kolesnikova L. I. Online service for interpretation of the resistance prediction results to bedaquiline by the molecular data. *Acta Biomedica Scientifica*, 2023, Vol. 8, No. 6, pp. 124–129 (In Russ.]. doi: <http://doi.org/10.29413/ABS.2023-8.6.11>.
 13. Seifert M., Catanzaro D., Catanzaro A., Rodwell T. C. Genetic mutations associated with isoniazid resistance in Mycobacterium tuberculosis: a systematic review. *PLoS ONE*, 2015, Vol. 10, No. 3, e0119628. 13 p. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119628>.
 14. Домотенко Л. В., Морозова Т. П., Шемякин И. Г., Шепелин А. П. Опыт использования ТБ тест-набора для ускоренного определения лекарственной чувствительности M. tuberculosis // *Клиническая лабораторная диагностика*. 2020. Т. 65, № 2. С. 122–130 [Domotenko L. V., Morozova T. P., Shemyakin I. G., Shepelin A. P. Experience of use of TB of test set for the accelerated determination of medicinal sensitivity of M. tuberculosis. *Clinical laboratory diagnostics*, 2020, Vol. 65, No. 2, pp. 122–130 (In Russ.]. doi: <http://dx.doi.org/10.18821/0869-2084-2020-65-2-122-130>.
 15. Эргешов А. Э., Черноусова Л. Н., Андреевская С. Н. Новые технологии микробиологической диагностики лекарственно-устойчивого туберкулеза // *Вестник РАМН*. 2019. Т. 74, № 6. С. 413–422 [Ergeshov A. E., Chernousova L. N., Andreevskaya S. N. New technologies for the diagnosis of drug-resistant tuberculosis. *Annals of the Russian academy of medical sciences*, 2019, Vol. 74, No. 6, pp. 413–422 (In Russ.]. doi: <http://doi.org/10.15690/vramn1163>.
 16. Ezewudo M., Posey J., Schito M., Borens A., Chiner-Oms A., Miotto P., Chindelevitch L., Comas I., Rodwell T. C., Starks A. M., Hanna C. D., Liwski R., Zignol M., Gilpin C., Niemann S., Kohl T., Warren R. M., Crook D., Gagneux S., Hoffner S., Rodrigues C., Engelthaler D. M., Alland D., Rigouts L., Lange C., Hasan R., McNerney R., Cirillo D. M., Dheda K. Integrating standardized whole genome sequence analysis with a global M. tuberculosis antibiotic resistance knowledgebase. *Scientific reports*. 2018; 8(1): 15382. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-33731-1>.
 17. Mäkinen J., Marttila H. J., Marjamäki M., Viljanen M. K., Soini H. Comparison of two commercially available DNA line probe assays for detection of multidrug-resistant Mycobacterium tuberculosis. *Journal of clinical microbiology*, 2006, Vol. 44, No. 2, pp. 350–352. 0095-1137/06/\$08.00 0. doi: <http://dx.doi.org/10.1128/JCM.44.2.350-352>.
 18. Кушнир Н. П., Ложкин В. С., Ковалевич Н. Л., Коломеев А. Н. Сравнительный анализ результатов молекулярно-генетических и культуральных методов в определении лекарственной чувствительности микобактерий туберкулеза // *Туберкулез и болезни легких*. 2019. Т. 97, № 11. С. 65–66 [Kushnir N. P., Lozhkin V. S., Kovalevich N. L., Kolomeets A. N. Comparative analysis of results molecular and genetic and cultural methods in determination of drug sensitivity of Mycobacterium tuberculosis. *Tuberculosis and pulmonary diseases*, 2019, Vol. 97, No. 11, pp. 65–66 (In Russ.].
 19. Черноусова Л. Н., Андреевская С. Н., Смирнова Т. Г., Ларионова Е. Е., Ивахненко О. И., Новоселова Е. А., Шевкун Н. А. Лекарственно-устойчивый туберкулез: перспективы ускоренной диагностики и химиотерапии // *Бактериология*. 2017. № 2 (1). С. 25–34 [Chernousova L. N., Andreevskaya S. N., Smirnova T. G., Larionova E. E., Ivakhnenko O. I., Novoselova E. A., Shevkun N. A. Drug-resistant tuberculosis: prospects for accelerated diagnostics and chemotherapy. *Bacteriology*. 2017. No. 2 (1). pp. 25–34 (In Russ.]. doi: <http://doi.org/10.20953/2500-1027-2017-1-25-34>.
 20. Narang A., Marras S.A.E., Kurepina N., Chauhan V., Shashkina, E., Kreiswirth B., Varma-Basil M., Vinnard C., Subbian S. Ultrasensitive detection of multidrug-resistant M. tuberculosis using superselective primer-based real-time PCR assays. *International Journal Molecular Sciences*, 2022, Vol. 23, No. 19, p. 15752. doi: <https://doi.org/10.3390/ijms232415752>.
 21. Кожамкулов У. А., Каиров У. Е., Ережепов Д. А., Ахметова А. Ж., Молкенов А. Б., Акильжанова А. Р. Полногеномное секвенирование клинических изолятов M. tuberculosis с различным профилем лекарственной чувствительности // *Biotechnology theory and practice*. 2016. 12 с. [Kozhamkulov U. A., Kairov U. E., Erezhepov D. A., Akhmetova A. Zh.,

- Molkenov A. B., Akilzhanova A. R. Whole-genome sequencing of *M. tuberculosis* clinical isolates with different drug susceptibility profiles // *Biotechnology theory and practice*. 2016. 12 p. (In Russ.).
22. NGS: высокопроизводительное секвенирование / Д. В. Ребриков, Д. О. Коростин, Е. С. Шубина, В. В. Ильинский; под общ. ред. Д. В. Ребрикова. 5-е изд. М.: *Лаборатория знаний*. 2023. 232 с.: ил. [NGS: High Throughput Sequencing / D. V. Rebrikov, D. O. Korostin, E. S. Choubina, V. V. Ilyinsky; under a gen. edit. of D.V. Rebrikov. The 5th prod. Moscow: *Laboratory of knowledge*, 2023. 232 p.: ill. (In Russ.).]
23. Арустамова Т. Р. Устройство секвенирования ДНК «Нанофор 05» // *РЕМЕДИУМ Приволжье*. октябрь 2015. Т. 138, № 8. С. 31 [Arustamova T. R. DNA sequencing device “Nanofor 05” // *REMEDY ALLOWANCE Volga region*, 2015, Vol. 138, № 8, p. 31 (In Russ.).]
24. Белов Д. А., Белов Ю. В., Манойлов В. В., Курочкин В. Е. Способы обработки результатов генетических анализов // *Научное приборостроение*. 2014. Т. 24, № 3. С. 87–91 [Belov D. A., Belov Yu. V., Manoylov V. V., Kurochkin V. E. Ways of processing of results of genetic analyses. *Scientific instrument making*, 2014, Vol. 24, No. 3, pp. 87–91 (In Russ.).]
25. Бочарова Д. В., Алексеев Я. И., Волков А. А., Лавров Г. С., Плугов А. Г., Волков И. А., Чемигов А. А., Бардин Б. В., Курочкин В. Е. Определение максимальной длины ДНК, расшифровываемой с точностью 99 %, в полимере на основе линейного N, N- полидиметилакриламида методом капиллярного гель-электрофореза с лазер-индуцируемой флуоресценцией // *Журнал аналитической химии*. 2021. Т. 76, № 12. С. 1100–1106 [Bocharova D. V., Alekseev Ya. I., Volkov A. A., Lavrov G. S., Plugov A. G., Volkov I. A., Chemigov A. A., Bardin B. V., Kurochkin V. E. Determination of the maximum length of DNA deciphered with an accuracy of 99 % in polymer on the basis of linear N,N- polydimethylacrylamide by method capillary gel electrophoresis about the laser - the induced fluorescence. *The journal of analytical chemistry*, 2021, Vol. 76, No. 12, pp. 1100–1106 (In Russ.).]
26. Волков А. А., Волков И. А., Плугов А. Г., Кулябина Е. В., Мелкова О. Н., Лавров Г. С., Бочарова Д. В., Алексеева Я. И. Генетический анализатор «Нанофор 05» в качестве средства измерений при секвенировании ДНК // *Измерительная техника*. 2021. № 1. С. 60–65 [Volkov A. A., Volkov I. A., Plugov A. G., Kulyabina E. V., Melkova O. N., Lavrov G. S., Bocharova D. V., Alekseev Ya. I. Genetic analyzer Nanophore 05 as a measuring instrument for DNA sequencing. *Measuring equipment*. 2021. No. 1. pp. 60–65 (In Russ.).] doi: <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2021-1-60-65>.
27. Курочкин В. Е., Алексеев Я. И., Петров Д. Г., Евстропов А. А. Отечественные приборы для молекулярно-генетического анализа: разработки ИАП РАН и ООО «Синтол» // *Известия Российской военно-медицинской академии*. 2021. Т. 40, № 3. С. 69–74 [Kurochkin V. E., Alekseev Ya. I., Petrov D. G., Evstropov A. A. Domestic devices for molecular genetic analysis: developments of the IAP RAS and SINTOL LLC. *Russian Military Medical Academy Reports*, 2021, Vol. 40, No. 3, pp. 69–74 (In Russ.).] doi: <https://doi.org/10.17816/rmmar76918>.
28. Luna J. F., Montero H., Sampieri C. L., Muñiz-Salazar R., Zenteno-Cuevas R. Sequencing of the entire *rpob* gene and characterization of mutations in isolates of *M. tuberculosis* circulating in an endemic tuberculosis setting. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*, 2019, Vol. 19, pp. 98–103. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2019.03.001>.
29. Tafess K., Ng T. T. L., Lao H. Y., Leung K. S. S., Tam K. K. G., Rajwani R., Tam S. T. Y., Ho L. P. K., Chu C. M. K., Gonzalez D., Sayada C., Ma O. C. K., Nega B. H., Ameni G., Yam W. C., Siu G. K. H. Targeted-sequencing workflows for comprehensive drug resistance profiling of *M. tuberculosis* cultures using two commercial sequencing platforms: comparison of analytical and diagnostic performance, turnaround time, and cost. *Clinical Chemistry Infectious Disease*, 2020, Vol. 66, No. 6, pp. 809–820. doi: <https://doi.org/10.1093/clinchem/hvaa092>.
30. Sikkema-Raddatz B., Johansson L. F., de Boer E. N., Almomani R., Boven L. G., van den Berg M. P., van Spaendonck-Zwarts, K.Y., van Tintelen, J.P., Sijmons, R.H., Jongbloed, J.D.H., & Sinke, R.J. Targeted next-generation sequencing can replace Sanger sequencing in clinical diagnostics. *Human Mutation*, 2013, Vol. 34, No. 7, pp. 1035–1042. doi: <https://doi.org/10.1002/humu.22332>.
31. Iwamoto T., Murase Y., Yoshida S., Aono A., Kuroda M., Sekizuka T., et al. Overcoming the pitfalls of automatic interpretation of whole genome sequencing data by online tools for the prediction of pyrazinamide resistance in *M. tuberculosis*. *PLoS ONE*, 2019, Vol. 14, No. 2, 13 p. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212798>.
32. Муминов Т. А., Жакипбаева Б. Т., Бейсембаева Ш. А., Берикханова К. Е., Акильжанова А. Р., Терликбаева А. М., Даришева М. А. Молекулярно-генетический мониторинг популяционной вариабельности штаммов МБТ // *Медицина*. 2013. № 5. с. 40–45 [Muminov T. A., Zhakipbayeva B. T., Beysembayeva Sh. A., Berikhanova K. E., Akilzhanova A. R., Terlikbayeva A. M., Darisheva M. A. Molekulyarno-genetic monitoring population variabilities strains MBT // *Medicine*. 2013. № 5. pp. 40–45 (In Russ.).]
33. Жданова С. Н., Огарков О. Б., Pholwat S., Лац А. А., Алексеева Г. И., Кравченко А. Ф., Зоркальцева Е. Ю., Нопрт Е., Савилов Е. Д. Характеристика мутаций, ответственных за резистентность к противотуберкулезным препаратам первого и второго ряда у штаммов *M. tuberculosis* циркулирующих на территории Иркутской области и республики Саха (Якутия) // *Сибирский медицинский журнал*. 2012. № 6. С. 64–67 [Zhdanov S. N., Ogarkov O. B., Pholwat S., Lats A. A., Alekseeva G. I., Kravchenko A. F., Zorkaltseva E. Yu., Hopt E., Savilov E. D. Harakteristik of the mutations responsible for resistance to antitubercular medicines of the first and second row at strains *M. tuberculosis* circulating in the territory of the Irkutsk region and the Sakha (Yakutia) Republic. *The Siberian medical magazine*. 2012, No. 6, pp. 64–67 (In Russ.).]
34. Cabibbe A.M., Walker T.M., Niemann S. et al. Whole genome sequencing of *M. tuberculosis* // *European Respiratory Journal*, 2018, Vol. 52, No. 5, pp. 1801163. doi: 10.1183/13993003.01163-2018.
35. Timmins G. S., Deretic V. Mechanisms of action of isoniazid. *Molecular Microbiology*, 2006, Vol. 62, No. 5, pp. 1220–1227. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2958.2006.05467.x>.

36. Quantitative measurement of antibiotic resistance in *M. tuberculosis* reveals genetic determinants of resistance and susceptibility in a target gene approach // The CRyPTIC Consortium. *Nature Communications*. 2024, Vol. 15, No. 1, pp. 1–13. doi: <https://doi.org/10.1038/s41467-023-44325-5>.
37. Kadura S., King N., Nakhoul M., Zhu H., Theron G., Köser C.U., Farhat M. Systematic review of mutations associated with resistance to the new and repurposed *M. tuberculosis* drugs bedaquiline, clofazimine, linezolid, delamanid and pretomanid. *Systematic review. Journal Antimicrobial Chemotherapy*, 2020, Vol. 75, pp. 2031–2043. doi: <https://doi.org/10.1093/jac/dkaa136>.
38. Abraham A. O., Nasiru A. U., Abdulazeez A. K., Seun O.O. and Ogbonna D. W. Mechanism of drug resistance in *Mycobacterium tuberculosis*. *American Journal of Biomedical Science & Research*, 2020, Vol. 7, No. 5, pp. 378–383. MS.ID.001181. doi: <http://doi.org/10.34297/AJBSR.2020.07.001181>.
39. Palomino J. C., Martin A. Drug Resistance Mechanisms in *M. tuberculosis*. *Antibiotics*. 2014, No. 3, pp. 317–340. doi: <https://doi.org/10.3390/antibiotics3030317>. www.mdpi.com/journal-antibiotics.
40. Sajduda A., Brzostek A., Popławska M., Augustynowicz-Kopeck E., Zwolska Z., Niemann S., Dziadek J., Hillemann D. Molecular characterization of rifampin- and isoniazid-resistant *M. tuberculosis* strains isolated in Poland. *Journal of clinical microbiology*, 2004, Vol. 42, No. 6, pp. 2425–2431. doi: <https://journals.asm.org/journal/jcm>.
41. Сергейчик Д. В. Устойчивость *M. tuberculosis* к противотуберкулезным лекарственным средствам, актуальность их разработки и применения // сборник материалов 70-й Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Актуальные проблемы современной медицины и фармации – 2016». 2016. с. 866–870 [Sergeychik D. V. Stability *M. tuberculosis* to antitubercular medicines, relevance of their development and application // the collection of materials of the 70th International academic and research conference of students and young scientists «Current problems of modern medicine and pharmacy – 2016», 2016, pp. 866–870 (In Russ.)].
42. Ибраева А. Р., Ахметова А. Ж., Кожамкулов У. А., Бисмилда В. Л., Аленова А. Х., Чингисова Л. Т., Абилдаев А. Ш., Раманкулов Е. М. Генотипирование и определение лекарственной устойчивости клинических изолятов *M. tuberculosis* из различных областей Казахстана на основе ДНК-секвенирования и MIRU-VNTR анализа // *Биотехнология. Теория и практика*. 2012. № 2. с. 71–77 [Ibrayeva A. R., Akhmetova A. Zh., Kozhamkulov U. A., Bismilda V. L., Alenova A. H., Chingisova L. T., Abildayev A. Sh., Ramankulov E. M. Genotyping and definition of medicinal stability of clinical isolates *M. tuberculosis* from various areas of Kazakhstan on the basis of DNA sequencing and MIRU-VNTR analysis. *Biotechnology. Theory and practice*, 2012, No. 2, pp. 71–77 (In Russ.)].
43. Исакова Ж. Т. Мутации в генах *rhoB*, *katG*, *inhA* и *ahpC* в штаммах *M. tuberculosis*, циркулирующих в Кыргызской Республике // *Сибирский медицинский журнал*. 2008. Вып. 2, No. 3. С. 89–91 [Isakova Zh. T. Mutations in genes *rhoB*, *katG*, *inhA* and *ahpC* in *M. tuberculosis* strains, circulating in the Kyrgyz Republic. *The Siberian medical journal*, 2008, Release 2, No. 3, pp. 89–91 (In Russ.)].
44. Chikaonda T., Ketseoglou I., Nguluwe N., et al. Molecular characterisation of rifampicin resistant *M. tuberculosis* strains from Malawi. *African Journal of Laboratory Medicine*, 2017, Vol. 6, No. 2, pp. 463. doi: <https://doi.org/10.4102/ajlm.v6i2.463>.
45. Campbell P. J., Morlock G. P., Sikes R. D., Dalton T. L., Metchock B., Starks A. M., Hooks D. P., Cowan L. S., Plikaytis B. B., Posey J. E. Molecular detection of mutations associated with first- and second-line drug resistance compared with conventional drug susceptibility testing of *M. tuberculosis*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 2011, Vol. 55, No. 5, pp. 2032–2041. doi: [10.1128/aac.01550-10](https://doi.org/10.1128/aac.01550-10).
46. Costa E. R. D., Ribeiro M. O., Silva M. S. N., Arnold L. S., Rostirrolla D. S., Cafrune P. I., Espinoza R. C., Palaci M., Telles M. A., Ritacco V., Suffys P. N., Lopes M. L., Campelo C. L., Miranda S. S., Kremer K., Almeida da Silva P. E., Fonseca L. de S., Ho J. L., Kritski A. L., Rossetti M. L. R. Correlations of mutations in *katG*, *oxyR-ahpC* and *inhA* genes and in vitro susceptibility in *M. tuberculosis* clinical strains segregated by spoligotype families from tuberculosis prevalent countries in South America. *BMC Microbiology*, 2009, No. 9, pp. 39. doi: [10.1186/1471-2180-9-39](https://doi.org/10.1186/1471-2180-9-39).
47. Prim R. I., Schörner M. A., Senna S. G., Nogueira C. L., Figueiredo A. C. C., de Oliveira J. G., Rovaris D. B., Bazzo M. L. Molecular profiling of drug resistant isolates of *M. tuberculosis* in the state of Santa Catarina, southern Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*. 2015, Vol. 110, No. 5, pp. 618–623.
48. Maqsood M., Farooq U., Nudrat S. Molecular detection of rifampicin and isoniazid resistant *M. tuberculosis* and their associated mutation pattern from smear positive sputum samples from a tertiary care centre of west U.P. *Asian Journal of Medical Research*. 2019, Vol. 8, Issue 2, pp. 5–8. doi: [10.21276/ajmr.2019.8.2.PM2](https://doi.org/10.21276/ajmr.2019.8.2.PM2).
49. Mesfin E.A., Merker M., Beyene D., Tesfaye A., Shuaib Y. A., Addise D. et al. Prediction of drug resistance by Sanger sequencing of *M. tuberculosis* complex strains isolated from multidrug resistant tuberculosis suspect patients in Ethiopia. *PLoS ONE*. 2022, Vol. 17, No. 8, pp. 17. doi: [10.1371/journal.pone.0271508](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0271508).
50. Краснова М. А., Белиловский Е. М., Борисов С. Е., Хахалина А. А., Михайлова Ю. Д., Носова Е. Ю. Мутации генов и лекарственная устойчивость *M. tuberculosis* у пациентов, находящихся под наблюдением в городе Москве // *Туберкулез и болезни легких*. 2019. Т. 97, No. 12, С. 34–44 [Krasnova M. A., Belilovsky E. M., Borisov S. E., Khakhalina A. A., Mikhaylova Yu. D., Nosova E. Yu. Gene mutation and drug resistance of *M. tuberculosis* in the patients followed up in the city of Moscow. *Tuberculosis and Lung Diseases*, 2019, Vol. 97, No. 12, pp. 34–44 (In Russ.)]. doi: [10.21292/2075-1230-2019-97-12-34-44](https://doi.org/10.21292/2075-1230-2019-97-12-34-44)].
51. Tounghousova O. S., Caugant D. A., Sandven P., Mariandyshev A. O., Bjune G. Impact of drug resistance on fitness of *M. tuberculosis* strains of the W-Beijing genotype. *FEMS Immunology and Medical Microbiology*, 2004, No. 42, pp. 281–290.
52. Умпелева Т. В., Белоусова К. В., Голубева Л. А., Ботева Т. Ю., Еремеева Н. И., Вахрушева Д. В. Генетическое разнообразие *M. tuberculosis* в Ямало-Ненецком автономном округе // *Туберкулез и болезни легких*. 2019. Т. 97, № 6. С. 69

- [Umpeleva T. V., Belousova K. V., Golubeva L. A., Boteva T. Yu., Yeremeyeva N. I., Vakhrusheva D. V. Genetic diversity of *M. tuberculosis* in the Yamalo-Nenets autonomous okrug. *Tuberculosis and pulmonary diseases*, 2019, Vol. 97, No. 6, p. 69 (In Russ.)].
53. Jaiswal I., Jain A., Singh P., Verma S. K., Prakash S., Dixit P., Suryakant, Singh M. Mutations in *katG* and *inhA* genes of isoniazid-resistant and -sensitive clinical isolates of *M. tuberculosis* from cases of pulmonary tuberculosis and their association with minimum inhibitory concentration of isoniazid. *Clinical epidemiology and global health*, 2017, No. 5, pp. 143–147.
54. Liguó L., Fengting J., Lihong C., Bing Z., Jie D., Lilian S., Yafang Z., Bo L., Yang Z., Jian Y., Yanlin Z., Qi J. & Xiaobing Z. The impact of combined gene mutations in *inhA* and *ahpC* genes on high levels of isoniazid resistance amongst *katG* non-315 in multidrug-resistant tuberculosis isolates from China. *Emerging Microbes & Infections*. 2018, Vol. 183, No. 7, pp. 1–10. doi: 10.1038/s41426-018-0184-0.
55. Перетоккина И. В., Крылова Л. Ю., Фрейман Г.Е., Носкова Е. Ю., Зименков Д. В. Изучение мутаций в генах *mmpR* и *atpE*, ассоциированных с развитием устойчивости к *M. tuberculosis* к бедаквилину // *Туберкулез и социально значимые заболевания*. 2024. Т. 12, № 1. С. 4–8 [Peretokina I. V., Krylova L. Yu., Freyman G. E., Noskova E. Yu., Zimenkov D. V. Study of mutations in the *mmpR* and *atpE* genes associated with the development of resistance to bedaquiline in *M. tuberculosis*. *Tuberculosis and socially important disease*, 2024, Vol. 12, No. 1, pp. 4–8 (In Russ.)]. doi: 10.54921/2413-0346-2024-12-1-4-8.
56. Andries K., Vilellas C., Coeck N., Thys K., Gevers T., Vranckx L., Lounis N., de Jong B. C., Koul A. Acquired resistance of *M. tuberculosis* to bedaquiline. *PLoS ONE*, 2014, Vol. 9, Issue 7, pp. 11. doi: 10.1371/journal.pone.0102135.
57. Mokrousov I., Akhmedova G., Molchanov V., Fundovnaya E., Kozlova E., Ostankova Y., Semenov A., Maslennikova N., Leontev D., Zhuravlev V., Turkin E., Vyazovaya A. Frequent acquisition of bedaquiline resistance by epidemic extensively drug-resistant *M. tuberculosis* strains in Russia during long-term treatment. *Clinical Microbiology and Infection*, 2021, Vol. 27, pp. 478–480. doi: 10.1016/j.cmi.2020.08.030.
58. Heyckendorf J., Andres S., Köser C. U., Olaru I. D., Schön T., Sturegård E., Beckert P., Schleusener V., Kohl T. A., Hillemann D., Moradigaravand D., Parkhill J., Peacock S. J., Niemann S., Lange C., Merker M. What is resistance? Impact of phenotypic versus molecular drug resistance testing on therapy for multi- and extensively drug-resistant tuberculosis. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 2018, Vol. 62, Issue 2, pp. 12. doi: 10.1128/AAC.01550-17.
59. Мартинович В. В. Современные возможности лечения туберкулеза со множественной лекарственной устойчивостью микобактерий // Сборник материалов LXXIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Актуальные проблемы современной медицины и фармации». Минск. 2019. с. 167–171 [Martynovich V. V. Modern possibilities of treating tuberculosis with multidrug resistance of mycobacteria. Collection of materials of the LXXIII International scientific and practical conference of students and young scientists “Actual problems of modern medicine and pharmacy”. Minsk, 2019, pp. 167–171 (In Russ.)].
60. Sandgren A., Strong M., Muthukrishnan P., Weiner B. K., Church G. M., Murray M. B. Tuberculosis Drug Resistance Mutation Database. *PLoS Med*, 2009, Vol. 6, Issue 2, pp. 0132–0136. doi: 10.1371/journal.pmed.1000002.
61. Sinkov V. V., Kondratov I. G., Ogarkov O. V., Zhdanova S. N., Sokolnikova N. A., Khromova P. A., Orlova E. A., Rychkova L. V., Kolesnikova L. I. Online service with automated *M. tuberculosis* interpretation of sequencing data and prediction of Pyrazinamide resistance in *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 2023, Vol. 174, No. 5, pp. 623–627. doi: 10.1007/s10517-023-05758-6.

ПРИМЕНЕНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ НА НИЖНЮЮ ЧАСТЬ ТЕЛА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И КОРРЕКЦИИ ФУНКЦИЙ ОРГАНИЗМА В КЛИНИЧЕСКОЙ, ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЕ

¹А. Ю. Шитов*, ¹Д. П. Зверев, ¹А. А. Мясников, ¹И. Р. Кленков, ^{1,2}А. Н. Андрусенко,
¹З. М. Исафилов, ¹С. П. Колчанов

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

² Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины ФМБА России, Санкт-Петербург, Россия

ВЕДЕНИЕ. Среди методов гипобарической баротерапии особое место занимает локальная декомпрессия (ЛОД), при которой на организм осуществляется воздействие пневматическими импульсами избыточного отрицательного давления. В обзоре представлены физиологические механизмы и клинические результаты воздействия ЛОД на нижнюю часть тела. Известна высокая эффективность ЛОД в комплексной терапии различной костно-суставной патологии, расстройств микроциркуляции, профилактики нарушений течения беременности, детоксикации организма и т. д. Несмотря на доказанную высокую эффективность ЛОД в комплексной терапии и профилактике различных состояний и заболеваний, ее лечебный и профилактический потенциал в области экстремальной и в первую очередь водолазной медицины раскрыт еще недостаточно.

ЦЕЛЬ. Определить перспективы применения локальной декомпрессии нижней части тела для повышения устойчивости водолазов к неблагоприятным факторам гипербарии и профилактики водолазных заболеваний.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Проведен обзор работ из наукометрических баз данных и библиотечных фондов. Анализ литературных источников выполнен по ключевым словам и различным последовательностям их сочетаний на русском и английском языках. Отобрано 94 литературных источника за 1959–2023 гг., из которых в обзор было включено 59 работ. Из включенных в обзор работ 70 % были изданы в течение последних двадцати лет, 30 % работ – в течение последних десяти лет.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Физиологическое обоснование механизмов применения ЛОД основывается на растяжении (увеличение длины) сосудов. Было доказано наличие сильной прямой корреляционной связи между нарастанием трансмурального давления в сосудах и величиной снижения давления в барокамере при ЛОД. В космической медицине применяется отрицательное давление на нижнюю часть тела, показавшее свою эффективность как в качестве диагностического, так и в качестве профилактического средства при действии неблагоприятных факторов орбитального полета. Использование ЛОД в спортивной медицине позволяет повысить физическую работоспособность спортсменов. Высокая эффективность ЛОД продемонстрирована в комплексной терапии различной костно-суставной патологии, расстройств микроциркуляции, профилактики нарушений течения беременности и детоксикации организма. В ветеринарной медицине отмечается высокая эффективность ЛОД в комплексном лечении переломов костей, неврологических расстройств и нарушений периферического кровообращения у домашних животных.

ОБСУЖДЕНИЕ. В большинстве проанализированных работ содержится информация о прямых и рефлекторных механизмах действия ЛОД на ткани организма. К прямым механизмам действия ЛОД можно отнести увеличение трансмурального давления в поверхностных венах, а также повышение их емкости и кровенаполнения. Все остальные механизмы действия ЛОД, на наш взгляд, можно отнести к рефлекторным: незначительное изменение центральной гемодинамики, усиление обмена веществ на самых различных уровнях и повышение физической работоспособности человека.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Проведенный анализ литературы указывает на достаточную эффективность использования ЛОД в различных областях клинической медицины и ветеринарии. В то же время в области водолазной медицины высокий потенциал ЛОД раскрыт недостаточно. Тем не менее представляется, что ЛОД в области водолазной медицины можно использовать с диагностической, профилактической и лечебной целями.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, водолаз, космонавт, локальная декомпрессия, отрицательное давление на нижнюю часть тела, водно-электролитный обмен, декомпрессионная болезнь, гипоксическая гипоксия, токсическое действие кислорода, токсическое действие азота, обзор

*Для корреспонденции: Шитов Арсений Юрьевич, e-mail: arseniyshitov@mail.ru

*For correspondence: Arseniy Yu. Shitov, e-mail: arseniyshitov@mail.ru

Для цитирования: Шитов А. Ю., Зверев Д. П., Мясников А. А., Кленков И. Р., Андрусенко А. Н., Ибрафилов З. М., Колчанов С. П. Применение отрицательного давления на нижнюю часть тела для исследования и коррекции функций организма в клинической, экстремальной и экспериментальной медицине // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 1. С. 27–45, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-27-45>; EDN: <https://eLibrary.ru/DLYYIN>

For citation: Shitov A. Yu., Zverev D. P., Myasnikov A. A., Klenkov I. R., Andrusenko A. N., Israfilov Z. M., Kolchanov S. P. Application of negative pressure on the lower part of the body for research and correction of body functions in clinical, extreme and experimental medicine // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, № 1. P. 27–45, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-27-45>; EDN: <https://eLibrary.ru/DLYYIN>

APPLICATION OF NEGATIVE PRESSURE ON THE LOWER PART OF THE BODY FOR RESEARCH AND CORRECTION OF BODY FUNCTIONS IN CLINICAL, EXTREME AND EXPERIMENTAL MEDICINE

¹ Arseniy Yu. Shitov*, ¹ Dmitry P. Zverev, ¹ Alexey A. Myasnikov, ¹ Ilyas R. Klenkov,

^{1,2} Andrey N. Andrusenko, ¹ Zagir M. Israfilov, ¹ Sergey P. Kolchanov

¹ Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

² Scientific research institute of industrial and marine medicine Federal medical and biological agency, St. Petersburg, Russia

INTRODUCTION. Among the methods of hypobaric barotherapy a special place is taken by local decompression (LOD), in which the body is affected by pneumatic pulses of excessive negative pressure. The review presents physiological mechanisms and clinical results of LOD influence on the lower part of the body. High efficiency of LOD in complex therapy of various bone and joint pathologies, microcirculation disorders, prevention of pregnancy disorders, detoxification of the organism, etc. is known. Despite the proven high efficiency of LOD in complex therapy and prevention of various conditions and diseases, its therapeutic and preventive potential in the field of extreme and primarily diving medicine is still insufficiently disclosed.

OBJECTIVE. To determine the prospects of applying local decompression of the lower body part to increase the diver's resistance to adverse factors of hyperbaria and prevention of diving diseases.

MATERIAL AND METHODS. The review of works from scientometric databases and library collections was carried out. Literature sources were analyzed by key words and various sequences of their combinations in Russian and English. We selected 94 literary sources for 1959–2023, of which 59 works were included in the review. Of the works included in the review, 70% have been published within the last twenty years, 30% of the works – within the last ten years.

RESULTS. Physiological justification of LOD application mechanisms is based on the stretching (increase in length) of vessels. It was proven that there is a strong direct correlation between the increase of transmural pressure in vessels and the amount of pressure reduction in the barocamera during LOD. In space medicine negative pressure on the lower part of the body is used, which has shown its effectiveness both as a diagnostic and as a prophylactic means in the action of unfavorable factors of orbital flight. The use of LOD in sports medicine allows to increase the physical performance of athletes. High efficiency of LOD is demonstrated in the complex therapy of various bone and joint pathology, microcirculation disorders, prevention of pregnancy disorders and detoxification of the body. In veterinary medicine high efficiency of LOD is noted in complex treatment of bone fractures, neurological disorders and peripheral circulation disorders in domestic animals.

DISCUSSION. Most of the analyzed works contain information about direct and reflex mechanisms of LOD action on body tissues. To direct mechanisms of LOD action we can refer the increase of transmural pressure in superficial veins, and also increase of their capacity and blood filling. All other mechanisms of LOD action, in our opinion, can be referred to reflex mechanisms: insignificant change of central hemodynamics, increase of metabolism on the most different levels and increase of physical efficiency of the person.

CONCLUSION. The conducted literature analysis indicates sufficient efficiency of LOD use in various fields of clinical medicine and veterinary medicine. At the same time, the high potential of LOD in the field of diving medicine is not sufficiently disclosed. Nevertheless, it seems that LOD in the field of diving medicine can be used for diagnostic, prophylactic and therapeutic purposes.

KEYWORDS: marine medicine, diver, astronaut, local decompression, negative lower body pressure, water-electrolyte metabolism, decompression sickness, hypoxic hypoxia, toxic effect of oxygen, toxic effect of nitrogen, review

Введение. Среди методов гипобарической баротерапии особое место занимает локальная декомпрессия (ЛОД), при которой на организм осуществляется воздействие пневматическими импульсами избыточного отрицательного давления. Эти импульсы воздействуют на раз-

личные и, как правило, отдельные (локальные) участки тела человека или животного с различными временными интервалами и градиентами давлений. Наиболее древним (тем не менее дошедшим до наших дней), но широко известным из этих методов является использование медицинских банок [1, 2].

В обзоре будут представлены физиологические механизмы и клинические результаты воздействия ЛОД на нижнюю часть тела. За счет возникающего в бароаппарате разряжения усиливается приток крови к нижним конечностям, органам малого таза и брюшной полости. Другие механизмы ЛОД работают за счет рефлекторного снижения тонуса периферических сосудов, улучшения реологических свойств крови вследствие уменьшения агрегационных свойств форменных элементов крови и активизации микроциркуляции [2–5]. Эти механизмы актуальны для профилактики состояний, возникающих в различных областях экстремальной деятельности человека, например, подводных погружений и космических полетов. При этом, если в области космической медицины для профилактики неблагоприятных эффектов микрогравитации широко применяется методика отрицательного давления на нижнюю часть тела (ОДНТ), схожая по механизмам действия и являющаяся в этом плане «старшим братом» ЛОД, то в сфере водолазной медицины исследования по использованию ЛОД носят единичный и разрозненный характер [6, 7].

Известна высокая эффективность ЛОД в комплексной терапии различной костно-суставной патологии, расстройств микроциркуляции, профилактики нарушений течения беременности, детоксикации организма и т. д. В спортивной медицине ЛОД давно и с определенным успехом применяется для повышения физической работоспособности. При этом особую эффективность, за счет оптимизации потребления кислорода работающими мышцами, воздействие ЛОД показало при ритмичных динамических физических нагрузках средней интенсивности [4].

Используется ЛОД и в ветеринарной медицине. Так, отмечается высокая эффективность ЛОД в комплексном лечении переломов костей, неврологических расстройств и нарушений периферического кровообращения у домашних животных многих видов независимо от причин таких расстройств [1].

Локальную декомпрессию отдельных участков тела или всей нижней части тела осуществляют с использованием бароаппаратов, которые генерируют пневматические импульсы избыточного пониженного давления. Эти воздействия могут осуществляться на отдельные конечности с помощью известных барокамер В. А. Кравченко [8]. Бароаппараты, которые в настоящее время используются для проведения ЛОД, позволяют формировать цепочки пневмоимпульсов с максимальным давлением, не превышающим 0,18 МПа и диапазоном до 4,5 кПа [8].

При этом, несмотря на доказанную высокую эффективность ЛОД в комплексной терапии и профилактике различных состояний и заболеваний, ее лечебный и профилактический потенциалы в области экстремальной и в первую очередь водолазной медицины раскрыты еще недостаточно. На возможную эффективность применения ЛОД в области профилактики специфических и неспецифических водолазных заболеваний указывают физиологические механизмы ее действия:

- усиление и экономизация обмена веществ на уровне микрососудов (капилляров), наиболее выраженные на границе раздела сред капилляр – ткань [1];
- усиление скорости кровотока в микрососудах, раскрытие (увеличение длины, диаметра) и повышение гидростатического давления в них [3, 9];
- увеличение гиперемии и повышение оксигенации тканей [3, 9];
- увеличение скорости потребления кислорода тканями без увеличения объема крови, протекающей по сосудам и без увеличения выработки диоксида углерода этими тканями [3, 4, 10];
- увеличение проницаемости гистогематического барьера для кислорода [1];
- устранение спазма артериол и стимуляция трансапиллярного перехода жидкостей [1].

С точки зрения гипербарической физиологии и водолазной медицины актуальным является дополнительное раскрытие микрососудов и усиление кровотока в них. Васкуляризация тканей микрососудами является основой не только адекватного регулирования кислородного гомеостаза, но оптимального насыщения тканей от индифферентного газа с целью профилактики декомпрессионной болезни

у водолазов [11]. Кроме того, правильная регуляция кислородного гомеостаза за счет модификации работы микрососудов может служить основой профилактики токсического действия кислорода (ТДК) на организм [12, 13].

Работами последних лет подтверждается связь уровня микроциркуляции в тканях с устойчивостью организма к токсическому действию азота (ТДА), возникающему при подводных погружениях, что может указывать на перспективность повышения устойчивости водолазов и к этому неблагоприятному фактору гипербарии за счет воздействия на микрососудистое русло [14, 15]. Было выявлено, что при тяжелой физической работе, осуществляемой после проведения ЛОД, мышце для осуществления работы заданной мощности требуется меньше кислорода, что актуально для специалистов моторно-волевого профиля деятельности, осуществляющих свою работу в условиях гипоксической гипоксии [1, 3, 4]. К таким специалистам в полной мере относятся водолазы и акванавты.

Цель. Определить перспективы применения локальной декомпрессии нижней части тела для повышения устойчивости водолазов к неблагоприятным факторам гипербарии и профилактики водолазных заболеваний.

Материалы и методы. Проведен обзор работ из различных наукометрических баз данных. Сформированы запросы и проанализированы ответы на них (в том числе с использованием алгоритмов искусственного интеллекта), полученные на различных сайтах. Использованы следующие поисковые системы: Российский индекс научного цитирования (РИНЦ), Роспатент, Электронная библиотечная система (ЭБС), Национальная библиотека Беларуси (НББ), eLibrary.ru, Cochrane, Scopus, Wiley, PubMed, Ulrichsweb, Google Scholar, www.academickeys.com, www.ebsco.com, www.cabi.org, www.wikidata.org, www.mendeley.com, www.research4life.org, www.lens.org, keepers.issn.org, xueshu.baidu.com, OpenCitations.net, unpaywall.org, na.NEICON.ru. Для подготовки текста и анализа данных применялись алгоритмы искусственного интеллекта, предусмотренные программами: ChatGPT, YandexGPT, автор24, GigaChat, Zaochnik, AiWriteArt, RoboGPT, Gerwin AI, Writesonic, Study24AI, Davinchi, НейроТекстер, Wordify. Анализ литературных источников проводили по ключевым

словам и различным последовательностям их сочетаний на русском и английском языках: водолаз, космонавт, локальная декомпрессия, отрицательное давление на нижнюю часть тела, абдоминальная декомпрессия, декомпрессионная болезнь, токсическое действие кислорода, гипоксическая гипоксия, токсическое действие азота. Кроме этого, авторы проводили анализ публикаций научного фонда фундаментальной библиотеки Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова (Санкт-Петербург). В результате было отобрано 94 литературных источника за 1959–2023 гг., из которых в обзор было включено 59 работ, соответствовавших критериям включения и исключения. При этом из включенных в обзор работ не менее 70 % были изданы в течение последних двадцати лет, не менее 30 % работ – в течение последних десяти лет. Критериями включения в данный обзор работ служило их соответствие предъявляемым требованиям в части, касающейся времени издания. Включение в данный научный обзор отдельных работ, вышедших в печать более двадцати лет назад (не более 30 %), допускалось в случае, если это были обзоры литературы по проблеме или данные экспериментальных работ.

Результаты. Физиологическое обоснование механизмов применения ЛОД. Растяжение (увеличение длины) сосудов, происходящее при ЛОД, не является слабым раздражителем для организма. Так, первые экспериментальные исследования с применением ЛОД показали, что местом наиболее эффективного приложения этой методики являлись области организма, в которых внутрисосудистое давление увеличивается уже при постуральных воздействиях обычной интенсивности [1, 3]. Оказалось, что такими областями организма человека будут являться конечности, в особенности нижние, и область живота. Декомпрессия в барокамере именно этих областей организма приводила к снижению объема циркулирующей крови (ОЦК), центрального венозного давления (ЦВД) и давления в легочной артерии (ДЛА). При этом декомпрессия живота в этом плане являлась гораздо более интенсивным воздействием на ОЦК, ЦВД и ДЛА, чем декомпрессия лишь нижних конечностей [16].

Было продемонстрировано, что ЛОД проникает в ткани на глубину не менее 3–5 см и оказывает влияние преимущественно на ве-

нозную часть сосудистого русла, что приводит к увеличению трансмурального давления в поверхностных венах, повышению их емкости и кровенаполнения. Указанные эффекты ЛОД сопровождались увеличением артериовенозной разницы по кислороду [16].

Было доказано наличие сильной прямой корреляционной связи между нарастанием трансмурального давления в сосудах и величиной снижения давления в барокамере при ЛОД. При снижении давления в барокамере сосуды растягиваются и за счет этого увеличивают свой объем. [1, 3, 8]. Таким образом, ЛОД нижней части тела способствует уменьшению спазма сосудов, усилению трофики органов желудочно-кишечного тракта, почек и органов малого таза. Также применение ЛОД приводило к удалению из организма различных токсинов и молекул средней массы (МСМ) за счет воздействия на брыжейку кишечника и почки [17]. При этом в брыжейке кишечника увеличивалось не только количество микрососудов, но и нарастали их емкостные характеристики. Такое состояние сохранялось несколько часов после проведения ЛОД [17]. При ЛОД наибольшее растяжение регистрировали в тех сосудах, которые имели наименьшую толщину стенок, к таким сосудам в первую очередь относятся капилляры и емкостные сосуды. Исследования показали, что в таких сосудах вышеперечисленные эффекты ЛОД могут проявляться даже при незначительном растяжении без значительного нарастания скорости кровотока в них [1, 3].

О возникновении изменений в системном кровообращении при проведении ЛОД (в отличие от ОДНТ) однозначного мнения у исследователей нет. Так, при ЛОД одной из нижних конечностей выявлялось только уменьшение ОЦК, а декомпрессия обеих ног уже снижала систолический и минутный объем крови [1, 3]. В других исследованиях было показано, что ЛОД, изменяя трансмуральное давление, не влияла на центральное кровообращение [16]. Однако при этом в ходе декомпрессии конечностей нередко выявлялись эффекты, напоминающие таковые при ортостатических нагрузках. Это наводит исследователей на мысль о том, что изменения центрального кровообращения под воздействием ЛОД будут определяться в первую очередь областью организма, подвергаемой декомпрессии и устойчивостью организма к ортостазу. При этом начальная величина трансмурально-

го давления и величина разряжения, создаваемого в барокамере, будут иметь второстепенное значение [16].

В большинстве исследований представлены сведения о незначительном росте ЧСС при высокой физической нагрузке, проведенной сразу после сеанса ЛОД. Это может свидетельствовать о переходе организма к более экономному расходованию физиологических резервов, определяемому метаболической перестройкой тканей [1, 3]. Тем более что на метаболическую перестройку деятельности тканей указывает рост щелочного резерва и уменьшение концентрации лактатов в крови [1, 3]. Незначительное нарастание ЧСС после ЛОД, вероятнее всего, будет являться нормальной физиологической реакцией организма на растяжение сосудов, так как имеются данные, определяющие брадикардию (например, при проведении ОДНТ у космонавтов) как признак развивающегося коллапса [1, 3, 16].

Резюмируя вышесказанное, можно утверждать, что повышение физической работоспособности является одним из рефлекторных эффектов ЛОД. При этом повышение физической работоспособности человека является весьма важным, но не основным эффектом ЛОД с точки зрения гипербарической физиологии и водолазной медицины. Основное внимание должно быть направлено на перспективы повышения устойчивости организма к действию неблагоприятных факторов гипербарии за счет действия на сосуды, находящиеся в зоне ЛОД. Применение методики ЛОД с целью интенсификации местного кровообращения имеет значительный потенциал. Кроме того, данная методика позволяет извлечь из крови максимальное количество кислорода и одновременно с этим удалить значительное количество токсинов и недоокисленных продуктов.

Исходя из представленных выше физиологических механизмов, применение ЛОД в водолазной медицине является актуальным, при этом потенциальные возможности методики раскрыты недостаточно, что свидетельствует о необходимости проведения дополнительных исследований.

Применение ЛОД в космической медицине. Необходимость профилактики отрицательных эффектов микрогравитации заставила исследователей в области космической медицины обратить внимание на методику ОДНТ.

При определенных параметрах ее применения имитировались ускорения различных направлений, действие ортостаза на организм космонавтов и даже тестировалась система кровообращения в плане ее реакции на уменьшение венозного возврата к сердцу [18], связанное с тем, что в условиях невесомости происходит перемещение крови в область головы, и формировался новый гидратационный статус организма, обусловленный гипогидратацией тканей, проявляющийся потерей внеклеточной жидкости [19]. Формирование нового гидратационного статуса у космонавтов служило определенной характеристикой скорости и выраженности адаптационного процесса к условиям микрогравитации. Поэтому перед исследователями стояла задача не только моделирования ситуаций, возникающих при перераспределении крови, но и профилактики проявляющихся при этом неблагоприятных явлений в водно-электролитном обмене. Такое моделирование эффектов невесомости могло достигаться либо нахождением в иммерсионной среде, либо применением методики антиортостатической гипокинезии (АНОГ). В ходе моделирования микрогравитации у испытуемых возникала полиурия и регистрировались потери калия и натрия с мочой [20]. В данных условиях ОДНТ использовали для профилактики неблагоприятных сдвигов водно-электролитного обмена у космонавтов, возникавших в условиях микрогравитации за счет положительного влияния на функции сердечно-сосудистой системы и стимуляции центрального кровообращения [16]. Этот эффект был обусловлен перераспределением крови из грудной клетки, подвергаемой локальной декомпрессии, и депонированием крови в емкостных сосудах живота и нижних конечностей [21].

В космической медицине ОДНТ рассматривается как методика выбора при необходимости создания повышенного трансмурального давления в сосудах нижних конечностей и уменьшения центрального объема крови. Поскольку такие состояния складывались в условиях ортостатической пробы, ОДНТ начали применять для ее имитации у космонавтов [22]. Из-за развития в условиях микрогравитации нарушений водно-электролитного обмена и дегидратации, ОДНТ стали рассматривать в качестве способа их профилактики за счет перераспределения крови в области живота и нижних конечностей.

Это, в свою очередь, приводило к уменьшению перемещения крови в область груди и головы [23].

Наиболее высокой скорости перемещения крови из интраторакальной области в область ног и живота удавалось добиться при незначительных показателях разряжения (около 20–30 мм рт. ст.). В этом случае сосуды органов живота начинали выполнять депонирующую функцию и удерживали в ходе ОДНТ необходимый для реализации эффектов процедуры объем крови. Положительные эффекты ОДНТ проявлялись снижением минутного объема кровообращения (МОК) вследствие уменьшения систолического и диастолического давления [22].

Уже в ходе первых исследований по применению ОДНТ у космонавтов было выявлено, что вены конечностей реагировали на разряжение более выраженно, чем сосуды брюшной полости. Однако в брюшной полости даже такое незначительное растяжение вен приводило к вено-вазомоторным реакциям. В скелетных мышцах были более выражены реакции артериальных сосудов [24].

Важное значение ОДНТ играла при выявлении лиц, предрасположенных к коллапсу в процессе перемещения крови в нижнюю часть тела. Так, при проведении ОДНТ отмечались изменения центральной гемодинамики, которые имели связь со снижением парциального давления кислорода в тканях слизистой оболочки десны. Особенно эти изменения были выражены у лиц с низкой устойчивостью к данной процедуре и склонных к коллапсу [25]. Кроме того, у лиц, склонных к коллапсу, при проведении ОДНТ в вены нижних конечностей перемещалось в несколько раз больше крови, чем у испытуемых, устойчивых к данному воздействию. Было показано, что реакции организма на ОДНТ зависят от растяжимости вен и никак не связаны с растяжимостью органов или мышц [1, 3].

Типичными реакциями организма на ОДНТ следует считать снижение ОЦК, МОК и ЦВД, что является показателями снижения преднагрузки на сердце и центральные сосуды. Из этого следует, что скорость возвращения венозной крови к сердцу будет иметь важнейшее значение в переносимости ОДНТ и способности организма противостоять коллаптоидным реакциям [21]. Следствием недостаточной переносимости ОДНТ может быть возникновение коллапса, которому обычно предшествуют снижение артериального давления (АД), бра-

дикардия и резкое ограничение афферентной импульсации от механорецепторов сосудов и сердца к вазомоторным центрам. Поэтому при отборе космонавтов повышенное внимание всегда уделялось ортостатический устойчивости. Считается, что этот показатель отражает уровень общей тренированности сердечно-сосудистой системы (ССС) к гравитационным нагрузкам [21]. Поэтому ОДНТ предложили использовать не только для выявления тренированности ССС, но и для профилактики ортостатических нарушений. Было выявлено, что при многократных повторных воздействиях, ОДНТ способствовало рефлекторной задержке в организме хлоридов и воды и расширению резервных возможностей ССС [26]. Указанное обстоятельство имеет значение и в практике водолазной медицины, ведь известно, что у большинства водолазов в условиях действия неблагоприятных факторов гипербарии развивается «диурез давления», характеризующийся нарастанием диуреза и повышенными потерями жидкости и электролитов с мочой. Поэтому использование ЛОД нижней части тела может стать перспективной методикой, предназначенной для задержки жидкости в организме водолазов в данных условиях [27].

При использовании ЛОД наиболее выраженными будут реакции сосудов, возникающие при механическом растяжении тканей. За счет таких реакций и будут возникать основные механизмы ЛОД, связанные с усилением регионального кровотока в области декомпрессии [1, 2]. В отличие от ЛОД, при ОДНТ возникают не только местные, но и выраженные изменения центрального кровообращения. На первый план тут выходят реакции ССС системного уровня. При ОДНТ сосудистые реакции гораздо более выражены, чем при ЛОД [22]. Поэтому применение ЛОД может считаться вполне адекватной методикой, влияющей на локальное трансмуральное давление без задействования всей системы кровообращения.

Представленные результаты могут свидетельствовать о том, что использование ОДНТ значительно превосходит ЛОД по силе действия на функции ССС, поэтому использование ЛОД является более безопасной процедурой в отношении развития коллаптоидных реакций у человека. Выявлено, что при проведении ОДНТ, ОЦК снижается в 3 раза более выражено, чем при ЛОД нижней части тела [1, 3].

Поэтому ОДНТ используется в комплексе методик, предназначенных для проведения медицинского отбора космонавтов с высокой устойчивостью ССС к изменениям центрального кровообращения [28].

Таким образом, применение ОДНТ в космической медицине показало свою эффективность как в качестве диагностического, так и в качестве профилактического средства при действии неблагоприятных факторов орбитального полета. Если рассматривать механизмы действия ОДНТ и ЛОД, то обе эти методики похожи. Разница заключается в силе воздействия и точках приложения рассматриваемых механизмов воздействия. Влияя на организм на более локальном уровне, ЛОД позволяет достигать результата без появления большинства нежелательных эффектов, сопутствующих ОДНТ. Поэтому использование ЛОД выглядит более предпочтительным как в клинической, так в водолазной медицине.

Использование ЛОД в спортивной медицине. Для применения ЛОД в области спортивной медицины чаще всего использовалась барокамера В. А. Кравченко. Обычно для проведения локальной декомпрессии в такую барокамеру помещалась одна из конечностей испытуемого. В зависимости от целей проводимых исследований у спортсменов после воздействия ЛОД определяли выносливость мышц рук или ног, скорость бега, высоту или длину прыжка, а также устойчивость к различным нагрузкам и другие косвенные показатели физической работоспособности организма [1, 3, 4].

Наилучшие результаты применения ЛОД были получены при ее использовании перед динамическими нагрузками мышц различных групп. Особенно значимые результаты были отмечены в отношении мышц предплечья и кисти, совершавших легкую работу [1, 3, 4]. Несколько иные результаты были получены при выполнении мышцами статических нагрузок. Оказалось, что при статических нагрузках эффективность ЛОД была не настолько выражена, как при динамических нагрузках. Для достижения значимых результатов при статических нагрузках требовалось, чтобы мышцы совершали значительные усилия. Исследователи указанных явлений объясняли этот феномен пережатием артерий и нарушением венозного оттока, возникающим при статических нагрузках. То есть для того, чтобы зафиксиро-

ровать значимые результаты использования ЛОД при статической нагрузке, требовалось, чтобы мышцы развивали усилия не менее 60 % и не более 70 % от максимального. Если при статической нагрузке мышцы развивали усилие более 70 % от максимума, эффективность применения ЛОД также снижалась [1, 3, 4].

При этом чередование режимов компрессии-декомпрессии нижних конечностей (в интервале 50–130 мм рт. ст.) за 30 мин перед физической нагрузкой средней тяжести повышало работоспособность спортсменов на 50–60 %. Что касается скорости бега на длинные дистанции (не менее 10 км), оказалось, что, если ЛОД проводилась за 5 мин перед стартом, то время прохождения дистанции уменьшалось более чем на 5 %. При этом, если ЛОД проводилась более, чем за 40 мин до начала забега, то время прохождения дистанции изменялось недостоверно [1, 3, 4].

Большинство исследователей считают, что после проведения ЛОД работоспособность спортсменов будет определяться скоростью механического сокращения мышц, а не его величиной. В свою очередь, эта скорость будет зависеть от быстроты биохимических реакций и перехода химической энергии в механическое действие. Ускорение биохимических реакций сопровождается снижением потребления кислорода мышцами при той же физической нагрузке [1, 3, 4].

В проанализированных нами работах продемонстрировано, что после воздействия ЛОД повышение работоспособности мышц происходит не за счет усиления регионального кровообращения, а по причине повышения давления в их сосудах. Исследования показали, что эффекту ЛОД сопутствует даже некоторое снижение скорости кровотока и усиление мышечного метаболизма. На повышение скорости протекания биохимических реакций после ЛОД будет указывать улучшение терморегуляции за счет роста теплоотдачи и снижения теплопродукции. Согласно экспериментальным исследованиям, рабочая гипертермия мышц после проведения ЛОД развивается гораздо медленнее, чем в контрольных группах [1, 3, 4].

С практической точки зрения, спортсменов и их тренеров интересовал вопрос: до, или после нагрузок применять ЛОД? Оказалось, что для развития силовых качеств курсовое воздействие ЛОД надо было проводить после,

а для развития скоростных качеств – до тренировок. В этих же исследованиях было выявлено, что эффекты ЛОД связаны с увеличением трансмурального давления в капиллярах. Это интенсифицировало окислительный метаболизм, обеспечивая повышенное снабжение кислородом клеток даже в условиях уменьшенного кровоснабжения. Это выглядит парадоксальным. Ведь в условиях сниженного кровообращения должна развиваться циркуляторная гипоксия, при которой мощность работы снижается. Однако в условиях ЛОД не только не развивалась гипоксия, но и увеличивалась работоспособность мышц, а сами мышцы потребляли меньше кислорода. Таким образом, ЛОД позволяла мышцам извлекать из крови, при прочих равных условиях, гораздо большее количество кислорода [1, 3, 4]. Методику ЛОД также использовали для профилактики дезадаптационных сдвигов в ССС спортсменов. Проведенные исследования у спортсменов с нарушениями тренировочного процесса и наличием перетренированности показали значительный рост давления в микрососудах мышечных тканей, нормализацию биохимических процессов и снижение частоты возникновения нарушений ритма сердца [29]. Кроме того, ЛОД улучшала венозный отток от мышц, усиливала в них микроциркуляцию и ускоряла восстановление после тяжелых физических нагрузок [30].

Таким образом, в контексте применения ЛОД спортивная и водолазная медицина будут иметь ряд точек соприкосновения. Поскольку водолазы относятся к лицам с преимущественно физическим (моторно-волевым) типом работы, использование эффектов локальной декомпрессии для улучшения их работоспособности и восстановления после тяжелых подводных работ будет выглядеть вполне обоснованным. Такое восстановление будет происходить даже в условиях воздействия на водолазов неблагоприятных факторов гипербарии, большинство из которых сопровождаются развитием различных типов гипоксии.

Использование ЛОД в клинической медицине. ЛОД применяется в комплексном лечении пациентов с самой разной патологией. Так, при проведении ЛОД у пациентов с полиневропатией нижних конечностей ускорялось восстановление рефлекторной активности, увеличивалась сила мышц, а также повышалась их чувствительность к механическим воздействи-

ям. Если вместе с ЛОД использовали антиоксиданты, то их лечебное действие в отношении уменьшения проявлений полиневропатий было более выраженным. По мнению исследователей, высокая эффективность ЛОД была обусловлена сильным одновременным влиянием на процессы перекисного окисления липидов (ПОЛ) и антиоксидантную систему (АОС). Это влияние было более выраженным, чем у применяемых при данной патологии антиоксидантов [31]. Применение ЛОД для коррекции ПОЛ и АОС будет актуально и для водолазной медицины. Исследованиями последних лет показано, что оксидативный стресс является важной составляющей механизмов патогенеза декомпрессионной болезни, токсического действия кислорода и гипоксической гипоксии. Коррекции оксидативного стресса, возникающего при действии неблагоприятных факторов гипербарии, посвящено немало современных исследований [32–34].

Когда ЛОД применялась в комплексном лечении различных форм синдрома диабетической стопы (СДС), происходило существенное снижение глубины и площади кожных дефектов. При этом сокращалось время заживления ран за счет повышения давления в сосудах поврежденных тканей. У больных СДС значительно уменьшались отеки вследствие как снижения общего количества макрофагов, так и уменьшения их наличия в коже [35].

Наибольшее количество проанализированных нами работ касается использования ЛОД в травматологической и акушерско-гинекологической практике. В частности, есть работы, указывающие на достаточную эффективность применения ЛОД в комплексном лечении костно-суставной патологии [1]. Проведенные исследования показали, что эффективность применения ЛОД связана с уменьшением срока лечения больных и обусловлена ускорением репаративного процесса, а также интенсификацией остеогенеза [1]. Указанные механизмы восстановления костной ткани реализовывались благодаря повышению давления в микрососудах, уменьшению отеков, что сопровождалось увеличением насыщения кислородом тканей поврежденной конечности и последующим восстановлением переломов по типу первичного сращения отломков костей [1, 36–38]. Причем указанные механизмы наблюдались как при лечении открытых, так и закрытых переломов

различной локализации [1, 39, 40]. Необходимо отметить, что в травматологической практике применению ЛОД сопутствовало значительное улучшение субъективного состояния больных с переломами костей конечностей [1, 38].

У прооперированных по поводу протезирования коленного сустава пациентов применение ЛОД позволяло быстро уменьшить интенсивность болей, нарастить объем движений, снизить проявления интоксикации организма, активизировать эндокринную систему и усилить лимфоотток. Проведение ЛОД способствовало снижению интенсивности болей и усиливало лимфоотток [41].

В неврологической практике ЛОД применялась при дорсопатиях поясничного отдела позвоночника. Применение данной методики в комплексном лечении таких больных не только улучшало субъективное состояние пациентов за счет уменьшения выраженности болей, но и оптимизировало их клинико-неврологический статус [42].

Что касается применения ЛОД в комплексном лечении пациентов с интоксикациями различного генеза, то наилучшие результаты были получены при ликвидации последствий употребления алкоголя и различных его суррогатов. После курсового применения ЛОД не только уменьшался уровень астении, но в периферической крови у таких пациентов снижалось количество деформированных эритроцитов, отмечалось улучшение реологических свойств крови и повышение давления в мелких сосудах [1].

Самое большое количество исследований было посвящено применению ЛОД в акушерской и гинекологической практике. Это связано с тем, что в первую очередь в ходе процедуры локальному пониженному давлению подвергались область живота и малого таза пациента. Известно, что первые сведения об использовании ЛОД в данной области медицины появились в начале 60-х годов прошлого века, когда профессор Хейнс из Южно-Африканской Республики опубликовал ряд материалов о результатах использования этого метода у беременных, а также больных с различной гинекологической патологией [1, 43, 44]. В нашей стране первые работы по данной тематике были опубликованы в середине 70-х, начале 80-х годов XX века, когда была показана высокая эффективность использования ЛОД для

улучшения микроциркуляции в плаценте, что существенно снизило риски развития фетоплацентарной недостаточности. Самым показательным результатом применена ЛОД тогда стало уменьшение количества случаев мертворожденности у родильниц с самой разной патологией и возрастом [1, 45]. Как и в других исследованиях, главным механизмом ЛОД, реализованным в акушерско-гинекологической практике, стало значительное повышение скорости кровотока, а также раскрытие и увеличение количества микрососудов с одновременным снижением их тонуса в зоне декомпрессии. При этом одним из важных аспектов использования ЛОД в акушерско-гинекологической практике исследователи считали возможность снижения дозы (или даже полного отказа) от ряда медикаментозных препаратов, так как применение ЛОД позволяло модифицировать или усиливать многие фармакологические эффекты различных лекарственных средств [46].

Многих исследователей привлекала возможность использования ЛОД для коррекции анемий, возникающих в акушерской практике. Известно, что развитие анемии у беременных способно приводить к развитию плацентарной недостаточности, поэтому выявленный профилактический эффект ЛОД в отношении развития плацентарной недостаточности у беременных вселил в исследователей определенные надежды в плане коррекции сопутствующих анемий. Оказалось, что наиболее выраженным эффектом ЛОД был, если анемию выявляли на ранних сроках беременности 10–12 нед. Если анемия выявлялась в эти сроки, то проведение ЛОД сопровождалось более плотным прикреплением плаценты и последующим рождением детей с более высокой массой тела. Указанные эффекты у беременных сопровождались значительным усилением активности АОС [1, 45, 47].

Абдоминальная декомпрессия показала хорошие результаты при борьбе с гестозом и задержкой внутриутробного развития плода. В ходе лечения беременных с гестозом у них уменьшались отеки, увеличивалось время свертываемости крови, нарастало давление в микрососудах, усиливался диурез и уменьшалось количество случаев задержки внутриутробного развития [1, 48]. При проведении ЛОД нормализовалась овуляция, восстанавливалась проходимость маточных труб и улучшались функции плаценты за счет повышения рези-

стентности кровотоку сосудов матки, пуповины и других сосудов абдоминальной области [1, 48]. Большинство положительных эффектов ЛОД в условиях беременности достигалось путем улучшения реологических свойств крови, снижения внутрибрюшного давления и уменьшения тонуса периферических сосудов [1].

В гинекологической практике локальную декомпрессию часто использовали для лечения гипогалактии [1]. В данном случае положительные эффекты ЛОД связывали с ростом трансмембранного обмена веществ при увеличении площади транскапиллярного обмена. Эта площадь увеличивалась соразмерно росту диффузионной поверхности капилляров. Растяжение капилляров проводило к увеличению диаметра пор их стенок, что увеличивало проницаемость капилляров для различных веществ. Большинство исследователей сходится во мнении о том, что ЛОД изменяет функции гистогематических барьеров и увеличивает метаболизм секреторных процессов и снабжение кислородом тканей организма, подвергающихся декомпрессии [1, 45–48]. Усиление микроциркуляции и повышенное поступление кислорода к клеткам эпителия альвеол приводило к увеличению выделения молока. Именно эти механизмы способствовали грудному вскармливанию новорожденных [1].

Использование ЛОД в ветеринарной практике. Что касается применения ЛОД в ветеринарной медицине, то тут есть определенные параллели с клиническим использованием данной методики у больных людей. Связано это, скорее всего, с общебиологическим действием ЛОД на организм млекопитающих. Так, в ветеринарной травматологии при проведении ЛОД кошкам с остеосинтезом выявлялся значительный антиоксидантный эффект данной процедуры. Подтверждением этому служили результаты, указывающие на снижение в крови у травмированных животных концентрации диеновых конъюгатов, диенкетонов и малонового диальдегида. Применение ЛОД у таких животных способствовало улучшению их состояния и уменьшению сроков сращения костных отломков [49]. Высокая эффективность ЛОД была показана в комплексном лечении собак с внутрикостным остеосинтезом, остеоартрозом и контрактурами [1].

Для лечения животных чаще всего применялась вакуум-градиентная терапия (ВГТ),

являющаяся одной из форм ЛОД. К физиологическим механизмам ВГТ относят возникновение в результате ее проведения интервальной вазодилатации и растяжения резистивных сосудов (эти эффекты при проведении данной процедуры были временными и местными). В результате ВГТ в резистивных сосудах значительно увеличивается скорость кровотока. Наиболее часто ВГТ у животных применялась при неврологических нарушениях и в ортопедической практике [50].

С точки зрения экстремальной, спортивной и, конечно, водолазной медицины интерес будут представлять исследования эффективности использования ЛОД при значительных истощающих физических нагрузках. Особое внимание привлекают исследования, проводимые в условиях гипоксии. Так, эксперименты на крысах при истощающих плавательных нагрузках показали, что применение ЛОД приводит к повышению толерантности животных к тяжелой физической нагрузке и увеличению времени их плавания с грузом [51].

Значительный интерес не только водолазной, но и для клинической медицины представляют исследования совместного действия ЛОД и гипербарической оксигенации (ГБО) на организм. Этот интерес связан с тем, что метод ГБО не лишен определенных недостатков, суть которых заключается в возникновении спазма сосудов, зависящего как от дозы гипербарического кислорода, так и от индивидуальной устойчивости организма к действию этого газа. Исходя из представленных выше механизмов действия ЛОД, ее проведение может уменьшить отрицательные эффекты ГБО или повысить эффективность проведения данной процедуры. Экспериментальные исследования совместного использования ЛОД и ГБО при различной патологии у крыс показали снижение количества МСМ и эозинофилов в крови у животных, что может указывать на снижение интоксикации организма. В результате проведения совместной методики увеличивалось количество лимфоцитов в крови крыс и нормализовались другие биохимические показатели, что свидетельствовало о повышении иммунобиологической резистентности и положительном влиянии на микрососуды [52, 53].

Эксперименты на крысах выявили наличие стимулирующего действия ЛОД на систему крови и лимфоидные ткани. Авторы исследова-

ний связывали эти эффекты с усилением внутрисосудистого давления и увеличением количества раскрытых микрососудов. У таких крыс было зарегистрировано увеличение количества мигрирующих форм лейкоцитов и сдвиг влево лейкоцитарной формулы. Это сопровождалось нарастанием концентрации иммуноглобулина (Ig) А и увеличением количества миелоцитов и палочкоядерных нейтрофилов [6, 7, 54].

В экспериментальных исследованиях на животных ЛОД использовали для детоксикации организма при отравлении фосфорорганическими веществами (фосфаколом). Результаты этих исследований продемонстрировали снижение спазма микрососудов, а также снижение числа поврежденных и деформированных эритроцитов. При этом в периферической крови увеличивалось количество эозинофилов и лимфоцитов. Все это способствовало снижению выраженности симптомов интоксикации и уменьшению длительности периода восстановления после отравления [55]. Если отравление различными веществами или другие причины приводили к развитию хронической почечной недостаточности, то проведение ЛОД обуславливало снижение интоксикации организма. Это проявлялось значительным снижением в крови остаточного азота и азота мочевины, креатинина и других продуктов обмена веществ. В целом проведение ЛОД способствовало значительному повышению выживаемости котов с хронической почечной недостаточностью [56].

Исследования по применению ЛОД выявили ее возможности по влиянию на иммунологический статус организма животных. Курсовое воздействие ЛОД на крыс сопровождалось повышением IgA и IgM, а также снижением содержания IgG в сыворотке крови [57].

Таким образом, использование ЛОД в ветеринарной медицине, а также многочисленные эксперименты на лабораторных животных выявили дополнительные механизмы действия данной процедуры. К таким механизмам ЛОД можно отнести наличие антиоксидантного эффекта и эффекта коррекции спазма сосудов при дыхании медицинским кислородом. Потенциальная возможность существования и включения этих механизмов существует и в водолазной медицине.

Обсуждение. Основой применения отрицательного давления на нижнюю часть тела в клинической, экстремальной, эксперимен-

тальной и ветеринарной медицине является наличие общебиологических (общезиологических) механизмов. Эти механизмы начинают включаться при создании разряжения над локальной частью тела животного или человека и обусловлены участием реактивных сосудов. От количества одновременно раскрытых микрососудов будет зависеть выраженность эффекта процедуры и длительность его последствий. В большинстве проанализированных нами работ содержится информация о прямых и рефлекторных механизмах действия ЛОД на ткани организма [1, 2]. К прямым механизмам действия ЛОД можно отнести увеличение трансмурального давления в поверхностных венах, а также повышение их емкости и кровенаполнения. Все остальные механизмы действия ЛОД, на наш взгляд, можно отнести к рефлекторным: незначительное изменение центральной гемодинамики, усиление обмена веществ на самых различных уровнях и повышение физической работоспособности человека.

Указанные механизмы ЛОД будут лежать в основе ее лечебных эффектов. В различных областях медицины или ветеринарии наиболее востребованными будут те или иные эффекты ЛОД. Так, для космической медицины наиболее актуальными будут изменения центральной гемодинамики, для спортивной медицины – повышение мышечной работоспособности и снижение времени восстановления после физических нагрузок. В клинической и ветеринарной медицине на первый план выходят эффекты, связанные со стимуляцией микроциркуляции, улучшением реологических свойств крови, уменьшением интоксикации организма и снижением выраженности оксидативного стресса. В водолазной медицине наиболее актуальными эффектами ЛОД следует считать стимуляцию микроциркуляции, улучшение реологических свойств крови, уменьшение интоксикации организма и повышение активности антиоксидантной системы.

Заключение. Проведенный анализ литературы указывает на достаточную эффективность использования ЛОД в различных областях клинической медицины и ветеринарии. Нет никаких сомнений в том, что указанный метод полезен в комплексном лечении и профилактике самых различных заболеваний, а также коррекции функциональных состояний человека. В то же время в области водолазной медицины высокий потенциал ЛОД раскрыт недостаточ-

но. Учитывая механизмы возникновения и развития различных водолазных заболеваний, представляется вполне обоснованным проведение дальнейших работ по исследованию воздействия ЛОД на функции организма человека и животных, находящихся в условиях гипербарии. Сегодня проведенных исследований в области экстремальной, и в частности водолазной медицины, явно недостаточно для того, чтобы сформировать мнение о доказанности положительного или отрицательного влияния ЛОД на организм человека, находящегося в гипербарических условиях. Тем не менее нам представляется, что ЛОД в области водолазной медицины можно использовать с диагностической, профилактической и лечебной целями.

Говоря о возможностях диагностического применения ЛОД в водолазной медицине, мы будем иметь ввиду проблему профессионального отбора водолазов, включающую сложности определения их индивидуальной устойчивости к неблагоприятным факторам гипербарии. Результаты применения ОДНТ в космической медицине говорят о формировании у космонавтов в условиях микрогравитации измененного гидратационного статуса организма, обусловленного перемещением жидких сред организма в верхнюю часть тела и гипогидратацией мышечной ткани [23]. Проведенные исследования показывают, что у водолазов формируются похожие нарушения [27, 58]. И если проведение ОДНТ у космонавтов за счет обратного перемещения жидкости в нижнюю часть тела позволяет оценить ортостатическую устойчивость и определить уровень общей тренированности ССС к гравитационным нагрузкам, то результаты проведения ЛОД у водолазов могут послужить отправной точкой для разработки новых методик, позволяющих по косвенным признакам оценивать устойчивость к факторам гипербарии. Кроме того, перемещения жидких сред организма в область ног и живота, возникающие в процессе ЛОД, могут служить способом коррекции (или «тренировки») водно-электролитного обмена у водолазов. Известно, что состояние водно-электролитного обмена и соотношение жидких сред организма могут отражать и даже определять устойчивость водолазов к факторам гипербарии. Поэтому ЛОД может занять свое место среди методов повышения устойчивости организма к неблагоприятным факторам гипербарии [58].

При использовании ЛОД у водолазов с профилактической целью мы будем говорить о проблеме разработки новых способов повышения их индивидуальной устойчивости к неблагоприятным факторам гипербарии и в первую очередь – к ДБ. Поэтому при курсовом использовании ЛОД с профилактической целью надо обратить внимание на такие эффекты данной процедуры, как увеличение времени свертываемости крови, улучшение ее реологических характеристик, рост количества функционирующих микрососудов, нивелирование неблагоприятных эффектов оксидативного стресса и ускорение дезинтоксикации организма. Эти эффекты будут полезны как при профилактике (повышении устойчивости), так и при лечении водолазов с декомпрессионной болезнью, отравлением кислородом, проявлениями токсического действия азота и гипоксической гипоксией. Поэтому проведение исследований по применению методики ЛОД в области водолазной медицины видится перспективным.

В будущих исследованиях надо определить дозы ЛОД (число сеансов и их продолжительность, величину разряжения в барокамере и количество циклов применения), а также показания и противопоказания к ее проведению у водолазов. Кроме того, необходимо выяснить при действии каких конкретно неблагоприятных факторов гипербарии проведение данной методики будет наиболее показано. Среди будущих исследований особое место должны занять работы по выявлению механизмов совместного действия ГБО и ЛОД. Уже сейчас можно предположить, что их сочетанное действие при физиологически обоснованном использовании должно потенцировать положительные эффекты (усиление микроциркуляции, дезинтоксикация организма, ликвидация гипоксии) и нивелировать отрицательные последствия ГБО (нарушения центрального и периферического кровообра-

щения, усиление ПОЛ, снижение эффективности АОС). Ключевой вопрос заключается в том, каким образом должны быть использованы эти методики: вначале ГБО, а затем ЛОД или наоборот? От выбранной «дозы» гипербарического кислорода и режима разряжения при ЛОД будет зависеть конечный «алгоритм» совместного использования этих двух процедур.

С точки зрения лечения водолазной патологии стоит обратить внимание на те звенья патогенеза заболеваний, влияние на которые с помощью ЛОД будет наиболее эффективно, то есть нужно выявить на каких стадиях того или иного водолазного заболевания использование методики ЛОД будет показано, а на каких стадиях стоит использовать другие лечебные воздействия. На наш взгляд, звеньями патогенеза водолазных заболеваний, на которые может воздействовать ЛОД, будут являться:

- при ДБ: нарушение реологических свойств крови, расстройства микроциркуляции;
- при ТДК и ТДА: возникновение оксидативного стресса, спазм сосудов.

Проведенные ранее исследования показывают, что при действии большинства неблагоприятных факторов гипербарии на лиц, имеющих к ним низкую устойчивость, возможно развитие «синдрома гипербарической интоксикации», характеризующегося увеличением концентрации молекул средней массы МСМ в плазме крови [59]. Поэтому использование ЛОД у таких лиц будет, безусловно, показано для снижения концентрации этих метаболитов.

Так или иначе, но данный обзор литературы ставит много новых вопросов перед исследователями в области водолазной медицины. Получение ответов на эти вопросы в результате проведения экспериментов по применению ЛОД на животных и исследований с участием испытуемых, откроет новую страницу в профилактике и лечении водолазных заболеваний.

Сведения об авторах

Шитов Арсений Юрьевич – кандидат медицинских наук, заслуженный изобретатель Российской Федерации, старший преподаватель кафедры физиологии подводного плавания, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; SPIN: 7390-1240; ORCID: 0000-0002-5716-0932; Web of Science Researcher ID: O-3730-2017; e-mail: arseniyshitov@mail.ru

Зверев Дмитрий Павлович – кандидат медицинских наук, доцент, начальник кафедры физиологии подводного плавания, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; SPIN: 7570-9568; ORCID: 0000-0003-3333-6769; e-mail: z.d.p@mail.ru

Мясников Алексей Анатольевич – доктор медицинских наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, профессор кафедры физиологии подводного плавания, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; SPIN: 2590-0429; ORCID: 0000-0002-7427-0885; e-mail: a_mjasnikov@mail.ru

Кленков Ильяс Рифатович – кандидат медицинских наук, старший преподаватель кафедры физиологии подводного плавания, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; SPIN: 9827-8535; ORCID: 0000-0002-1465-1539; e-mail: klen.ir@mail.ru

Андрусенко Андрей Николаевич – кандидат медицинских наук; преподаватель кафедры физиологии подводного плавания, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; научный сотрудник, Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины ФМБА России; 196143, Санкт-Петербург, просп. Юрия Гагарина, д. 65; SPIN: 6772-4452; ORCID: 0000-0001-7393-6000; e-mail: an.a.an@mail.ru

Исрафилов Загир Маллараджабович – кандидат медицинских наук, преподаватель кафедры физиологии подводного плавания, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; SPIN: 1619-6621; ORCID: 0000-0002-3524-7412; e-mail: warag05@mail.ru

Колчанов Сергей Павлович – адъюнкт, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; e-mail: kolchans@yandex.ru

Information about authors:

Arseniy Yu. Shitov – Cand. of Sci. (Med.), Honored Inventor of the Russian Federation, Senior lecturer of the Department (Physiology of Scuba Diving), Military Medical Academy; 194044, St. Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; SPIN: 7390-1240; ORCID: 0000-0002-5716-0932; Web of Science Researcher ID: O-3730-2017; e-mail: arseniyshitov@mail.ru

Dmitry P. Zverev – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor, Colonel of the Medical Service, Head of the Department (Physiology of Scuba Diving), Military Medical Academy; 194044, St. Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; SPIN 7570-9568; ORCID: 0000-0003-3333-6769; e-mail: z.d.p@mail.ru

Alexey A. Myasnikov – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation, Professor of the Department (Physiology of Scuba Diving), Military Medical Academy; 194044, St. Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; SPIN 2590-0429; ORCID: 0000-0002-7427-0885; e-mail: a_mjasnikov@mail.ru

Ilyas R. Klenkov – Cand. of Sci. (Med.), Senior Lecturer of the Department Physiology of Scuba Diving, Military Medical Academy; 194044, St. Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; SPIN: 9827-8535; ORCID: 0000-0002-1465-1539; e-mail: klen.ir@mail.ru

Andrey N. Andrusenko – Cand. of Sci. (Med.), Lecturer of the Department (Physiology of Scuba Diving), Military Medical Academy; 194044, St. Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; Research associate Scientific research institute of industrial and marine medicine Federal medical and biological agency; SPIN: 6772-4452, ORCID: 0000-0001-7393-6000; e-mail: an.a.an@mail.ru

Zagir M. Israfilov – Can. of Sci. (Med.), Lecturer of the Department (Physiology of Scuba Diving), Military Medical Academy; 194044, St. Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; SPIN 1619-6621; ORCID: 0000-0002-3524-7412; e-mail: warag05@mail.ru

Sergey P. Kolchanov – Adjunct of the Department (Physiology of Scuba Diving), Military Medical Academy; 194044, St. Petersburg, Academician Lebedev Street 6; e-mail: kolchans@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. Вклад в концепцию и план исследования — А. Ю. Шитов, А. А. Мясников, Д. П. Зверев. Вклад в сбор данных — А. Ю. Шитов, А. Н. Андрусенко. Вклад в анализ данных и выводы — А. Ю. Шитов, С. П. Колчанов, З. М. Исрафилов, И. Р. Кленков. Вклад в подготовку рукописи — А. Ю. Шитов, А. Н. Андрусенко, И. Р. Кленков.

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: AYush, AAM, DPZ contribution to the concept and plan of the study. AYush, ANA contribution to data collection. AYush, SPK, ZMI, IRK contribution to data analysis and conclusions. AYush, ANA, IRK 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.

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

Adherence to ethical standards: The approval of the ethics committee was not required. Each respondent (subject) gave voluntary consent to the processing of their personal data during the study.

Финансирование: исследование проведено без дополнительного финансирования.

Funding: the study was carried out without additional funding.

Поступила/Received: 12.12.2024

Принята к печати/Accepted: 15.03.2025

Опубликована/Published: 30.03.2025

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Скопичев В. Г. *Применение лечебного воздействия положительного и отрицательного давления в клинической медицине*. СПб.: Любавич. 2018. 362 с. ISBN 978-5-86983-849-0 [Skopichev V. G. The use of therapeutic effects of positive and negative pressure in clinical medicine. St. Petersburg: Lyubavich, 2018, 362 p. ISBN 978-5-86983-849-0 (In Russ.)].

2. Жичкина Л. В., Скопичев В. Г. Физиологическое обоснование детоксикационной терапии // *Международный вестник ветеринарии*. СПб. 2004. №1. С. 112–116 [Zhichkina L. V., Skopichev V. G. Physiological justification of detoxification therapy. *International Bulletin of Veterinary Medicine*. St. Petersburg, 2004, No.1, pp. 112–116 (In Russ.)].
3. Длигач Д. Л., Иоффе Л. А. Локальная декомпрессия и работоспособность. Л.: Наука. 1982. 359 с. [Dligach D. L., Ioffe L. A. Local decompression and performance. Leningrad: Nauka, 1982, 359 p. (In Russ.)].
4. Аванесов В. У. Применение локального отрицательного давления в подготовке спортсменов. М.: СпортАкадемПресс. 2001. 84 с. [Avanesov V. U. The use of local negative pressure in the training of athletes. Moscow: SportAkademPress, 2001, 84 p. (In Russ.)].
5. Гайдуков С.Н., Прохорович Т.Н., Скопичев В.Г. Абдоминальная декомпрессия - стационарзамещающая технология для акушерства и гинекологии // Абдоминальная декомпрессия в медицине. Теория и практика. СПб. 2004. С. 6–11. [Gaidukov S.N., Prokhorovich T.N., Skopichev V.G. Abdominal decompression - inpatient replacement technology for obstetrics and gynecology // *Abdominal decompression in medicine. Theory and practice*. St. Petersburg, 2004. pp. 6–11. (In Russ.)].
6. Панченкова И.А., Жичкина Л.В., Юрьев А.Ю., Шитов А.Ю. Влияние локальной абдоминальной декомпрессии на некоторые показатели крови лабораторных животных // *Иппология и ветеринария*. 2012. № 2 (4). С.137–140. [Panchenkova I.A., Zhichkina L.V., Yuryev A.Yu., Shitov A.Yu. The effect of local abdominal decompression on some blood parameters of laboratory animals // *Hippology and Veterinary Medicine*. 2012. No. 2 (4). pp.137–140. (In Russ.)].
7. Юрьев А.Ю., Шитов А.Ю., Панченкова И.А., Ярославцев М.Ю. Динамика неспецифических адаптационных реакций при действии на организм факторов повышенного давления // *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. 2012. №3 (39). С. 141–145. [Yuryev A.Yu., Shitov A.Yu., Panchenkova I.A., Yaroslavtsev M.Yu. Dynamics of nonspecific adaptive reactions under the action of high-pressure factors on the body // *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2012. No.3 (39). pp. 141–145. (In Russ.)].
8. Жичкина Л.В., Скопичев В.Г. Физиология локального отрицательного давления. // «Абдоминальная декомпрессия в медицине. Теория и практика». СПб., 2004. С. 29–51. [Zhichkina L.V., Skopichev V.G. Physiology of local negative pressure. // «*Abdominal decompression in medicine. Theory and Practice*». St. Petersburg, 2004. pp. 29–51. (In Russ.)].
9. Зотов В.П. Восстановление работоспособности в спорте. Киев: Здоровье, 1990. 200 с. [Zotov V.P. Restoration of performance in sports. Kiev: Zdorovye, 1990. 200 p. (In Russ.)].
10. Длигач Д.Л., Иоффе Л.А., Коробков А.В. Физиологические механизмы функциональных сдвигов при локальной декомпрессии // *Мат. итоговой науч. конф. М.:ВНИИФК*. 1975. 112 с. [Dligach D.L., Ioffe L.A., Korobkov A.V. Physiological mechanisms of functional shifts in local decompression // *Mat. final scientific conference M.:VNIIFK*. 1975. 112 p. (In Russ.)].
11. Мясников А. А., Старков А. В., Старовойт А. В. Избранные вопросы водолазной медицины. СПб.: РИЦ ПСПбГМУ. 2019. 59 с. [Myasnikov A. A., Starkov A. V., Starovoit A. V. Selected issues of diving medicine. St. Petersburg: RIC PSPb-SMU, 2019, 59 p. (In Russ.)].
12. Левченко З. А., Назаров С. С., Ятманов А. Н. К вопросу изучения маркеров устойчивости водолазов к декомпрессионной болезни // *Известия Российской военно-медицинской академии*. 2020. Т. 39, № S3–3. С. 106–108 [Levchenko Z. A., Nazarov S. S., Yatmanov A. N. On the issue of studying markers of divers' resistance to decompression sickness. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*, 2020, Vol. 39, No. S3–3, pp. 106–108. (In Russ.)].
13. Зверев Д. П., Мясников А. А., Исрафилов З. М., Шитов А. Ю., Андрусенко А. Н., Чернов В. И., Кленков И. Р. Влияние дыхания газовыми смесями с повышенным парциальным давлением кислорода на состояние функций организма водолаза // *Военно-мед. журнал*. 2023. Т. 344, № 4. С. 55–62. doi: http://doi.org/10.52424/00269050_2023_344_4_55 [Zverev D. P., Myasnikov A. A., Israfilov Z. M., Shitov A. Yu., Andrusenko A. N., Chernov V. I., Klenkov I. R. Influence of breathing gas mixtures with increased partial pressure of oxygen on the state of the diver's body function. *Military Medical Journal*, 2023, Vol. 344, No 4, pp. 55–62. (In Russ.)]. doi: http://doi.org/10.52424/00269050_2023_344_4_55.
14. Зверев Д. П., Бобров Ю. М., Андрусенко А. Н., Шитов А. Ю., Чернов В. И., Кленков И. Р. Методические аспекты оценки устойчивости человека к токсическому действию азота // *Клиническая патофизиология*. 2019. Т. 25, № 2. С.21–25 [Zverev D. P., Bobrov Yu. M., Andrusenko A. N., Shitov A. Yu., Chernov V. I., Klinkov I. R. Methodological aspects of assessing human resistance to the toxic effects of nitrogen. *Clinical Pathophysiology*, 2019, Vol.25, No. 2, pp. 21–25 (In Russ.)].
15. Левченко З. А., Назаров С. С., Ятманов А. Н. Физиологические и психологические особенности водолазов с различным уровнем устойчивости к декомпрессионной болезни // *Известия Российской военно-медицинской академии*. 2019. Т. 38, № 3. С. 197–201 [Levchenko Z. A., Nazarov S. S., Yatmanov A. N. Physiological and psychological characteristics of divers with different levels of resistance to decompression sickness. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*, 2019, Vol. 38, No. 3, pp. 197–201 (In Russ.)].
16. Катков В. Е., Честухин В. В., Николаенко Э. М., Румянцев В. В., Гвоздев С. В., Зыбин О. Х., Колпаков Е. В. Реакция центрального кровообращения здорового человека на декомпрессию различных областей тела // *Физиология человека*. 1983. Т. 9, № 2. С. 237–241 [Katkov V. E., Chestukhin V. V., Nikolaenko E. M., Rumyantsev V. V., Gvozdev S. V., Zybin O. Kh., Kolpakov E. V. Reaction of the central circulation of a healthy person to decompression of various areas of the body. *Human Physiology*, 1983, Vol. 9, No. 2. pp. 237–241 (In Russ.)].
17. Жичкина Л. В., Скопичев В. Г., Касумов М. К., Васютина М. Л. Прижизненная микроциркуляция сосудов брыжейки крыс до и после воздействия локального отрицательного давления // *Трансляционная медицина*. 2015. № 1. С. 46–51 [Zhichkina L. V., Skopichev V. G., Kasumov M. K., Vasutina M. L. Vital microcirculation of vessels of a mesenterium of rats before and after influence of local negative pressure. *Translational medicine*, 2015, No. 1, pp. 46–51 (In Russ.)].

18. Воскресенский А. Д., Дегтярёв В. А., Дорошев В. Г., Чеканова С. Л. Факторный анализ реакции на пробу с отрицательным давлением на нижнюю половину тела на земле и в космическом полёте // *Космическая биология и авиакосмическая медицина*. 1985. Т. 19, № 1. С. 4–5 [Voskresensky A. D., Degtyarev V. A., Doroshev V. G., Chekanova S. L. Factor analysis of the reaction to a sample with negative pressure on the lower half of the body on Earth and in space flight. *Space Biology and aerospace Medicine*, 1985, Vol. 19, No. 1. pp. 4–5 (In Russ.)].
19. Григорьев А. И., Ларина И. М., Носков В. Б. Влияние космических полетов на состояние и регуляцию водно-электролитного обмена // *Российский физиологический журнал. им. И. М. Сеченова*. 2006. Т. 92, № 1. С. 5–17 [Grigoriev A. I., Larina I. M., Noskov V. B. The influence of space flights on the state and regulation of water-electrolyte metabolism. *I. M. Sechenov Russian Journal of Physiology*, 2006, Vol. 92, No. 1, pp. 5–17 (In Russ.)].
20. Юнусов М. А., Орлов В. Н., Виноходова Т. В. Влияние модели «сухой» иммерсии на показатели водно-солевого обмена, уровень альдостерона и кортизола в плазме крови у лиц с различной степенью гидратации организма // *Космическая биология и авиакосмическая медицина*. 1985. Т. 19, № 4. С. 42–45 [Yunusov M. A., Orlov V. N., Vinokhodova T. V. The effect of the «dry» immersion model on the parameters of water-salt metabolism, the level of aldosterone and cortisol in blood plasma in persons with varying degrees of hydration of the body. *Space Biology and aerospace Medicine*, 1985, Vol. 19, No. 4, pp. 42–45 (In Russ.)].
21. Егоров А. Д., Ицеховский О. Г., Касьян И. И., Полякова А. П., Турчанинова В. Ф., Алфёрова И. В., Савельева В. Г., Домрачева М. В., Дорошев В. Г., Кобзев Е. А., Барер А. С., Тихомиров Е. П. Результаты исследования гемодинамики и фазовой структуры сердечного цикла при функциональной пробе с воздействием отрицательного давления на нижнюю половину тела в 140-суточном полёте станции «Салют-6» // *Космическая биология и авиакосмическая медицина*. 1981. Т. 15, № 6. С. 65–69 [Egorov A. D., Itsekhevsky O. G., Kasyan I. I., Polyakova A. P., Turchaninova V. F., Alferova I. V., Savelyeva V. G., Domracheva M. V., Doroshev V. G., Kobzev E. A., Barer A. S., Tikhomirov E. P. Results of a study of hemodynamics and phase structure of the cardiac cycle in a functional test with exposure negative pressure on the lower half of the body in the 140-day flight of the Salyut-6 station. *Space Biology and Aerospace Medicine*, 1981, Vol. 15, No. 6, pp. 65–69 (In Russ.)].
22. Катков В. Е., Честухин В. В., Николаенко Э. М., Румянцев В. В., Гвоздев С. В. Центральное кровообращение здорового человека во время 7-суточной антиортостатической гипокинезии и декомпрессии различных областей тела // *Космическая биология и авиакосмическая медицина*. 1984. Т. 18, № 1. С. 80–90 [Katkov V. E., Chestukhin V. V., Nikolaenko E. M., Rumyantsev V. V., Gvozdev S. V. Central blood circulation of a healthy person during 7-day antiorthostatic hypokinesia and decompression of various body regions. *Space Biology and Aerospace Medicine*, 1984, Vol. 18, No. 1, pp. 80–90 (In Russ.)].
23. Пестов И. Д., Асямолов Б. Ф. Отрицательное давление на нижнюю часть тела как метод профилактики сдвигов, связанных с изменением гидростатического давления крови // *Космическая биология и медицина*. 1972. Т. 6, № 4. С. 59–64 [Pestov I. D., Asmolov B. F. Negative pressure on the lower part of the body as a method of preventing shifts associated with changes in hydrostatic blood pressure. *Space Biology and Medicine*, 1972, Vol. 6, No. 4, pp. 59–64 (In Russ.)].
24. Катков В. Е., Честухин В. В., Румянцев В. В., Колпаков Е. В., Правецкий Н. В., Агафонов С. В. Коронарное кровообращение здорового человека во время постральных воздействий и декомпрессии нижней половины тела // *Космическая биология и авиакосмическая медицина*. 1983. Т. 17, № 5. С. 30–36 [Katkov V. E., Chestukhin V. V., Rumyantsev V. V., Kolpakov E. V., Pravetsky N. V., Agafonov S. V. Coronary circulation of a healthy person during postural effects and decompression of the lower half of the body. *Space Biology and aerospace medicine*, 1983, Vol. 17, No. 5, pp. 30–36 (In Russ.)].
25. Вольвач С. И., Коваленко Е. А., Пономарев С. И., Габышев В. К., Никифоров В. И., Кулев А. П., Архипов В. В. Кислородный режим и регионарный кровоток слизистой оболочки десны при воздействии отрицательного давления на нижнюю часть тела // *Космическая биология и авиакосмическая медицина*. 1985. Т. 19, № 3. С. 33–37 [Volvach S. I., Kovalenko E. A., Ponomarev S. I., Gabyshev V. K., Nikiforov V. I., Kulev A. P., Arkhipov V. V. Oxygen regime and regional blood flow of the gingival mucosa under the influence of negative pressure on the lower part of the body. *Space Biology and aerospace medicine*, 1985, Vol. 19, No. 3, pp. 33–37 (In Russ.)].
26. Миррахимов М. М., Ажимаматов Т. А., Балтабаев Т. Б. Гемодинамика при кратковременном отрицательном давлении на нижнюю часть тела // *Физиология человека*. 1985. Т. 11, № 5. С. 765–769 [Mirrakhimov M. M., Azhimamatov T. A., Baltabaev T. B. Hemodynamics with short-term negative pressure on the lower part of the body. *Human Physiology*, 1985, Vol. 11, No. 5, pp. 765–769 (In Russ.)].
27. Belov V. G., Parfyonov Yu. A., Yatmanov A. N., Tsoy V. S., Kiryanov V. M., Kolosnicina M. Yu. Pathogenetic determinants of the disease inner picture with patients suffering from essential (primary) hypertension. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*, 2010, № 1 (29), pp. 146–150.
28. Яруллин Х. Х., Крупина Т. Н., Свирижев Ю. М., Боневоленская Т. В., Васильева Т. Д., Асатурян В. И., Кантор С. Л. Изучение возможности использования пробы с воздействием отрицательного давления на нижнюю половину тела применительно к отбору кандидатов в космонавты // *Космическая биология и авиакосмическая медицина*. 1978. Т. 12, № 4. С. 6–13 [Yarullin Kh. Kh., Krupina T. N., Svirizhev Yu. M., Bonevolenskaya T. V., Vasilyeva T. D., Asaturyan V. I., Kantor S. L. Studying the possibility of using a sample with the effect of negative pressure on the lower half of the body in relation to the selection of candidates for cosmonauts. *Space Biology and aerospace medicine*, 1978, Vol. 12, No. 4, pp. 6–13 (In Russ.)].
29. Василенко В. С., Мамиев Н. Д. Профилактика срыва адаптации сердечно-сосудистой системы у спортсменов методом абдоминальной декомпрессии // *Сеченовский вестник*. 2017. № 3 (29). С. 25–31 [Vasilenko V. S., Mamiev N. D. Prevention of disruption of adaptation of the cardiovascular system in athletes by abdominal decompression. *Sechenovskiy Bulletin*, 2017, No. 3(29), pp. 25–31 (In Russ.)].

30. Слепова Д. А., Калинин А. В. Влияние абдоминальной декомпрессии на кровообращение спортсменов // *Вестник Ивановской медицинской академии*. 2016. Т. 21, № 4. С. 31–36 [Slepova D. A., Kalinin A. V. The effect of abdominal decompression on the blood circulation of athletes. *Bulletin of the Ivanovo Medical Academy*, 2016, Vol. 21, No. 4, pp. 31–36 (In Russ.)].
31. Зинякова Д. Н., Разумов А. Н. Локальная баротерапия в коррекции клинко-биохимических и нейрофизиологических параметров при полиневропатиях нижних конечностей // *Вестник восстановительной медицины*. 2007. № 1 (19). С. 19–23 [Zinyakova D. N., Razumov A. N. Local barotherapy in correction of clinical, biochemical and neurophysiological parameters in lower limb polyneuropathies. *Bulletin of Restorative Medicine*, 2007, No. 1 (19), pp. 19–23 (In Russ.)].
32. Старков А. В., Старовойт А. В., Шитов А. Ю. Влияние режимов декомпрессии на процессы перекисного окисления липидов и состояние антиоксидантной системы человека // *Баротерапия в комплексном лечении раненых, больных и пораженных. Материалы VII Всеармейской научно-практической конференции* / Под ред. А. А. Мясникова. СПб.: ВМедА. 2009. С. 75–76 [Starkov A. V., Starovoit A. V., Shitov A. Yu. The effect of decompression regimes on the processes of lipid peroxidation and the state of the human antioxidant system. *Barotherapy in the complex treatment of the wounded, sick and affected. Materials of the VII All-Army scientific and practical conference* / Edited by A. A. Myasnikov. St. Petersburg: VMedA, 2009, pp. 75–76 (In Russ.)].
33. Старовойт А. В., Мясников А. А., Пастушенков В. Л., Шитов А. Ю., Лустин С. И. Клинико-лабораторная оценка метаболических нарушений при воздействии повышенного и пониженного давления // *Баротерапия в комплексном лечении раненых, больных и пораженных. Материалы VIII Всеармейской научно-практической конференции* / Под ред. А. А. Мясникова. СПб.: ВМедА. 2012. С. 95–96. [Starovoit A. V., Myasnikov A. A., Pastushenkov V. L., Shitov A. Yu., Lustin S. I. Clinical and laboratory assessment of metabolic disorders under the influence of high and low blood pressure. *Barotherapy in the complex treatment of the wounded, sick and affected. Materials of the VIII All-Army scientific and practical conference* / Ed. A. A. Myasnikov. St. Petersburg: VMedA, 2012, pp. 95–96 (In Russ.)].
34. Попова Ю. А., Буравкова Л. Б., Павлов Б. Н. Метаболические и гормональные показатели крови человека при длительном пребывании в барокамере по режиму лечебной рекомпрессии // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2005. Т. 39, № 5. С. 31–36 [Popova Yu. A., Buravkova L. B., Pavlov B. N. Metabolic and hormonal parameters of humans during long-term hyperbaric exposure (the recompression treatment table). *Aerospace and environmental medicine*, 2005, Vol. 39, No 5, pp. 31–36 (In Russ.)].
35. Зайцева Е. Л., Доронина Л. П., Молчков Р. В., Воронкова И. А., Митиш В. А., Токмакова А. Ю. Влияние терапии отрицательным давлением на репаративные процессы в мягких тканях нижних конечностей у пациентов с нейропатической и нейроишемической формами синдрома диабетической стопы // *Сахарный диабет*. 2014. (3). С. 113–121. doi: 10.14341/DM20143113-121 [Zaitseva E. L., Doronina L. P., Molchkov R. V., Voronkova I. A., Mitish V. A., Tokmakova A. Yu. The effect of negative pressure therapy on reparative processes in the soft tissues of the lower extremities in patients with neuropathic and neuroischemic forms of diabetic foot syndrome. *Diabetes mellitus*, 2014. (3). pp. 113–121 (In Russ.)].
36. Мекшина Л. А., Усынин В. А., Столяров В. В., Усынин А. Ф. Применение тепловидения в диагностике облитерирующих заболеваний артерий нижних конечностей // *Сибирский медицинский журнал*. 2012. Т. 27, № 2. С. 15–22 [Mikeshina L. A., Usynin V. A., Stolyarov V. V., Usynin A. F. The use of thermal imaging in the diagnosis of obliterating diseases of the arteries of the lower extremities. *Siberian Medical Journal*, 2012, Vol. 27, No. 2, pp. 15–22 (In Russ.)].
37. Мироманов А. М., Миронова О. Б., Усков С. А., Намоконов Е. В., Шаповалов К. Г. Динамика показателей микроциркуляции и компонентов сосудистого тонуса у больных с неосложненным и осложненным течением переломов длинных трубчатых костей в раннем послеоперационном периоде // *Бюллетень СО РАМН*. 2011. Т. 31, № 3. С. 12–17 [Miromanov A. M., Mironova O. B., Uskov S. A., Namokonov E. V., Shapovalov K. G. Dynamics of microcirculation parameters and vascular tone components in patients with uncomplicated and complicated course of fractures of long tubular bones in the early postoperative period. *Bulletin of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences*, 2011, Vol. 31, No. 3, pp. 12–17 (In Russ.)].
38. Митиш В. А., Мединский П. В., Налбандян Р. Т., Никонов А. В. Лечение отрицательным давлением открытых переломов у детей // *Тезисы международной научно-практической конференции «Вакуумная терапия ран у детей и взрослых»*. Москва. 2013. С. 43–44 [Mitish V. A., Medinsky P. V., Nalbandian R. T., Nikonov A. V. Negative pressure treatment of open fractures in children. *Abstracts of the international scientific and practical conference «Vacuum wound therapy in children and adults»*. Moscow, 2013, pp. 43–44 (In Russ.)].
39. Семенова А. Е., Марьяновская Ю. В. Разработка методов вакуумной терапии при заболеваниях конечностей // *Вестник Новгородского государственного университета*. 2015. № 86. Ч. 1. С. 72–75 [Semenova A. E., Maryanovskaya Yu. V. Development of vacuum therapy methods for limb diseases. *Bulletin of the Novgorod State University*, 2015, No. 86, Part 1, pp. 72–75 (In Russ.)].
40. Писарев В. В., Львов С. Е., Васин И. В. Показатели регионарной гемодинамики раннего послеоперационного периода при остеосинтезе переломов костей голени // *Вестник Ивановской медицинской академии*. 2012. Т. 17, № 4. С. 34–37 [Pisarev V. V., Lvov S. E., Vasin I. V. Indicators of regional hemodynamics of the early postoperative period in osteosynthesis of fractures of the shin bones. *Bulletin of the Ivanovo Medical Academy*, 2012, Vol. 17, No. 4, pp. 34–37 (In Russ.)].
41. Калинин А. В., Мельничук Н. В., Калашникова О. М., Кравцов А. Г., Мельничук А. В., Данилова-Перлей В. И., Мельничук В. И. Применение метода абдоминальной декомпрессии в реабилитации ветеранов спорта после тотального эндопротезирования коленного сустава // *Медицина экстремальных ситуаций*. 2020. 22(2). С. 199–213 [Kalinin A. V.,

- Melnichuk N. V., Kalashnikova O. M., Kravtsov A. G., Melnichuk A. V., Danilova-Perley V. I., Melnichuk V. I. Application of abdominal decompression method in rehabilitation of sports veterans after total knee replacement. *Emergency medicine*, 2020, 22(2), pp. 199–213 (In Russ.).
42. Кирьянова В. В., Макаров Е. А., Чабан А. А. Абдоминальная декомпрессия в лечении больных дорсопатией поясничного отдела позвоночника в период обострения. СПб.: Изд-во СЗГМУ И. И. Мечникова. 2017. 32 с. [Kiryanova V. V., Makarov E. A., Chaban A. A. Abdominal decompression in the treatment of patients with dorsopathy of the lumbar spine during exacerbation. St. Petersburg: Publishing house of the NWSMU I. I. Mechnikov, 2017, 32 p. (In Russ.).]
43. Blecher J. A., Heyns O. S. Abdominal decompression in the treatment of the toxæmias of pregnancy // *Lancet*. 1967. No. 2(7517). pp. 621–624.
44. Heyns O. S. Abdominal decompression in the first stage of labour // *J. Obstetr. Gynecol.* 1959. Vol. 66. P. 220.
45. Боровкова Л. В., Воронина И. Д. Абдоминальная декомпрессия в профилактике плацентарной недостаточности у беременных с анемией // *Медицинский альманах*. 2012. № 5 (24). С.33–34 [Borovkova L. V., Voronina I. D. Abdominal decompression in the prevention of placental insufficiency in pregnant women with anemia. *Medical almanac*, 2012, No. 5 (24), pp. 33–34 (In Russ.).]
46. Седлецкая Н. Н., Седлецкая Э. Ю., Юрков И. В. Абдоминальная декомпрессия в лечении гипоксии плода. СПб: Нелекарственная медицина. 2010. № 1. С. 65–66 [Sedletskaia N. N., Sedletskaia E. Yu., Yurkov I. V. Abdominal decompression in the treatment of fetal hypoxia. St. Petersburg: Non-medicinal medicine, 2010, No. 1, pp. 65–66 (In Russ.).]
47. Воронина И. Д., Боровкова Л. В. Влияние абдоминальной декомпрессии на активность процессов свободнорадикального окисления и антиоксидантной защиты у беременных с железодефицитной анемией // *Современные тенденции развития науки и технологий*. 2017. № 2–4. С. 22–27 [Voronina I. D., Borovkova L. V. Effect of abdominal decompression on the activity of free radical oxidation and antioxidant protection in pregnant women with iron deficiency anemia. *Modern trends in the development of science and technology*, 2017, No. 2–4, pp. 22–27 (In Russ.).]
48. Гайдуков С. Н., Резник В. А., Виноградов М. В. Влияние абдоминальной декомпрессии на маточно-плацентарный и плодовой кровоток при гестозе // *Охрана материнства и детства*. 2013. № 1 (46). С. 93–95 [Gaydukov S. N., Reznik V. A., Vinogradov M. V. The effect of abdominal decompression on uteroplacental and fetal blood flow in gestosis. *Protection of motherhood and childhood*, 2013, No. 1 (46), pp. 93–95 (In Russ.).]
49. Семенова А. Е., Марьяновская Ю. В. Разработка методов вакуум-градиентной физиотерапии при заболеваниях конечностей // *Вестник Новгородского государственного университета*. 2015. № 86, Ч. 1. С. 72–75 [Semenova A. E., Mar'yanovskaya Yu. V. The development of methods of vacuum gradient physiotherapy for diseases of the extremities. *Bulletin of the Novgorod State University*, 2015, No. 86, Part 1, pp. 72–75 (In Russ.).]
50. Семенова А. Е. Опыт применения вакуум-градиентной терапии в ортопедии и неврологии мелких домашних животных // *Международный вестник ветеринарии*. 2015. № 4. С. 47–51 [Semenova A. E. Experience of using vacuum-gradient therapy in orthopedics and neurology in small animals. *International Bulletin of Veterinary Medicine*, 2015, No. 4, pp. 47–51 (In Russ.).]
51. Алистратова Ф. И., Скопичев В. Г. Физиологические механизмы компенсации кислородной задолженности при восстановлении функционального состояния в ходе интенсивных тренировок // *Международный вестник ветеринарии*. 2015. № 4. С. 40–46 [Alistratova F. I., Skopichev V. G. Physiological mechanisms of compensation of oxygen debt during restoration of functional state during intensive training. *International Bulletin of Veterinary Medicine*, 2015, No. 4, pp. 40–46 (In Russ.).]
52. Мясников А. А., Юрьев А. Ю., Шитов А. Ю., Панченкова И. А., Жичкина Л. В. Динамика неспецифических адаптационных реакций при гипербарической оксигенации // *Медицинское обеспечение сил флота в условиях Кольского Заполярья: материалы 6 научно-практической конференции, посвящённой 75-летию образования 1469 военно-морского клинического госпиталя Северного флота*. 29–30 сентября 2011 г., Североморск: «Север», 2011. С. 226–228 [Myasnikov A. A., Yuryev A. Yu., Shitov A. Yu., Panchenkova I. A., Zhichkina L. V. Dynamics of nonspecific adaptive reactions in hyperbaric oxygenation // *Medical support of the fleet forces in the conditions of the Kola Arctic: materials of the 6th scientific and practical conference dedicated to the 75th anniversary of the formation of the 1469 Naval Clinical Hospital of the Northern Fleet*. September 29–30, 2011, Severomorsk: «North», 2011, pp. 226–228 (In Russ.).]
53. Шитов А. Ю., Юрьев А. Ю., Панченкова И. А. Молекулы средней массы как показатель действия факторов повышенного давления газовой среды на организм // *Медицинское обеспечение сил флота в условиях Кольского Заполярья: материалы 6 научно-практической конференции, посвящённой 75-летию образования 1469 военно-морского клинического госпиталя Северного флота*. 29–30 сентября 2011 г., Североморск: «Север», 2011, С. 231–233 [Shitov A. Yu., Yuryev A. Yu., Panchenkova I. A. Medium-weight molecules as an indicator of the effect of factors of increased pressure of the gaseous medium on the body // *Medical support of the fleet forces in the conditions of the Kola Arctic: materials of the 6th scientific and practical conference dedicated to the 75th anniversary of the formation of the 1469 Naval Clinical Hospital of the Northern Fleet*. September 29–30, 2011, Severomorsk: «North», 2011, pp. 231–233 (In Russ.).]
54. Кочергин И. А., Марьяновская Ю. В. Влияние локальной абдоминальной декомпрессии на микроархитектонику лимфоидной ткани ассоциированной с желудком и кишечником и стимуляцию абдоминального иммунного ответа // *Вестник Новгородского государственного университета*. 2014. № 76. С. 9–12. [Kochergin I. A., Mar'yanovskaya Yu. V. Influence of local abdominal decompression on microarchitectonics of the gut associated lymphoid tissue and on stimulation of the abdominal immune response. *Bulletin of the Novgorod State University*, 2014, No. 76, pp. 9–12 (In Russ.).]
55. Поваренкова А. Г., Жичкина Л. В. Изучение некоторых физиологических показателей у крыс при локальной декомпрессии на фоне отравления фосфаколом // *Актуальные вопросы ветеринарной биологии*. 2009. № 2 (2). С. 18–21

- [Povarenkova A. G., Zhichkina L. V. The study of some physiological parameters of rats with local decompression associated with Phosphacolum poisoning. *Current issues of veterinary biology*, 2009, No. 2 (2), pp. 18–21 (In Russ.)].
56. Скопичев В. Г., Жичкина Л. В., Фарафонтова В. С., Касумов М. К. Применение локальной декомпрессии и энтеросорбентов для лечения хронической почечной недостаточности // *Ветеринарная практика*. 2006. № 1(32). С. 17–21 [Skopichev V. G., Ghichkina L. V., Farafontova V. S., Kasumov M. K. Application of a local decompression and enterosorbents for treatment of chronic renal failure. *Veterinary Practice*, 2006, No. 1(32), pp.17–21 (In Russ.)].
57. Кочергин И. А. Содержание иммуноглобулинов в сыворотке крови крыс после локальной абдоминальной декомпрессии // *Международный вестник ветеринарии*. 2013. № 1. С. 59–60 [Kochergin I.A. The content of immunoglobulins in the blood serum of rats after local abdominal decompression. *International Bulletin of Veterinary Medicine*, 2013, No. 1, pp. 59–60 (In Russ.)].
58. Шитов А. Ю., Зверев Д. П., Мясников А. А., Андрусенко А. Н., Чернов В. И., Кленков И. Р., Исрафилов З. М., Колчанов С. П. Физиологическое обоснование способов профилактики нарушений водно-электролитного обмена у водолазов // *Военно-медицинский журнал*. 2024. Т. 345, № 11. С. 54–68 [Shitov A. Yu., Zverev D. P., Myasnikov A. A., Andrusenko A. N., Chernov V. I., Klenkov I. R., Israfilov Z. M., Kolchanov S. P. Physiological substantiation of methods for preventing disturbances of water-electrolyte metabolism in divers. *Military Medical Journal*, 2024, Vol. 345, No. 11, pp. 54–68 (In Russ.)]. doi: http://doi.org/10.52424/00269050_2024_345_11_54.
59. Шитов А. Ю. Молекулы средней массы как показатель «гипербарической интоксикации» у водолазов // *Альманах клинической медицины*. 2013. № 28. С. 48–52 [Shitov A. Yu. Molecules of average mass as an indicator of «hyperbaric intoxication» in divers. *Almanac of clinical medicine*, 2013, No. 28, pp. 48–52 (In Russ.)].

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ/ORIGINAL ARTICLES

УДК 614

doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-46-57>**НАЗЕМНЫЕ РОБОТИЗИРОВАННЫЕ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ЭВАКУАЦИИ
РАНЕННЫХ И ПОСТРАДАВШИХ: МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ
И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ***Н. С. Шуленин**, Э. М. Мавренков, К. Г. ЖангиреевГлавное военно-медицинское управление Министерства обороны Российской Федерации,
Москва, Россия

ЦЕЛЬ. Оценить возможности, эффективность и тенденции развития наземных роботизированных платформ для эвакуации, а также выявить факторы, влияющие на их внедрение в систему ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Анализ проводили на основе отечественных и зарубежных публикаций, сравнительной оценки ключевых характеристик (тип шасси, грузоподъемность, автономность), а также качественного изучения сценариев применения в реальных условиях или полевых испытаниях. Источники искали по запросам robotic ground vehicles, casualty evacuation, rescue robotics, military medical robotics в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science и eLibrary, в результате чего было отобрано 30 релевантных статей, из которых 16 были непосредственно процитированы при написании работы.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Сравнительный обзор показал, что высокую эффективность демонстрируют платформы с модульной конструкцией, улучшенными системами энергопитания и управления, позволяющими снизить риски для эвакуируемого и сократить время эвакуации.

ОБСУЖДЕНИЕ. Анализ выявил необходимость создания единых стандартов связи и управления, а также расширения функционала интегрированных медицинских модулей и систем навигации, что позволит более эффективно готовить роботизированные комплексы к разнообразным сценариям чрезвычайных ситуаций и обеспечить их стабильную работу в условиях внешних помех.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Наземные роботизированные комплексы обладают значительным потенциалом в повышении оперативности и безопасности спасательных операций, однако требуют дальнейшего совершенствования в части энергоэффективности, интеграции с системами управления в чрезвычайных ситуациях, разработки медицинских модулей и комплексного противодействия внешним факторам.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, наземные роботизированные платформы, эвакуация пострадавших, чрезвычайные ситуации, спасательные операции, автономность, модульность, телемедицина, энергопитание, гусеничное шасси, колесное шасси

*Для корреспонденции: Шуленин Николай Сергеевич, e-mail: shulenin.ns@gmail.com

*For correspondence: Nikolay S. Shulenin, e-mail: shulenin.ns@gmail.com

Для цитирования: Шуленин Н. С., Мавренков Э. М., Жангиреев К. Г. Наземные роботизированные платформы для эвакуации раненых и пострадавших: международный опыт и перспективы применения // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 5. С. 46–57, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-46-57>; EDN: <https://elibrary.ru/YDXATL>

For citation: Shulenin N. S., Mavrenkov E. M., Zhangireev K. G. Ground robotic platforms for evacuation of wounded and injured: international experience and application prospects // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, № 1. P. 46–57, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-46-57>; EDN: <https://elibrary.ru/YDXATL>

© 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>

GROUND ROBOTIC PLATFORMS FOR EVACUATION OF WOUNDED AND INJURED: INTERNATIONAL EXPERIENCE AND APPLICATION PROSPECTS

Nikolay S. Shulenin, Eduard M. Mavrenkov, Konstantin G. Zhangireev*

Main Military Medical Directorate of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow, Russia

OBJECTIVE. Evaluate the capabilities, effectiveness and development trends of ground-based robotic evacuation platforms, and identify factors affecting their introduction into emergency management systems.

MATERIALS AND METHODS. The analysis was based on Russian and foreign publications, comparative assessment of key characteristics (chassis type, payload, autonomy), as well as qualitative study of application scenarios in real conditions or field tests. Sources were searched using the queries “robotic ground vehicles”, “casualty evacuation”, “rescue robotics”, “military medical robotics” in PubMed, Scopus, Web of Science and eLibrary databases, resulting in the identification of 30 relevant articles, of which 16 were directly cited during the writing of the paper.

RESULTS. The comparative review showed that platforms with modular design, improved power and control systems that reduce risks to the evacuee and shorten evacuation times are highly effective.

DISCUSSION. The analysis has shown the need to create unified communication and control standards, as well as to expand the functionality of integrated medical modules and navigation systems, which will make it possible to prepare robotic complexes more effectively for a variety of emergency scenarios and ensure their stable operation in the face of external interference.

CONCLUSION. Ground-based robotic systems have significant potential to improve the speed and safety of rescue operations, but require further improvements in energy efficiency, integration with emergency management systems, the development of medical modules and integrated countermeasures against external factors.

KEYWORDS: marine medicine, land-based robotic platforms, casualty evacuation, emergency situations, rescue operations, autonomy, modularity, telemedicine, power supply, crawler chassis, wheeled chassis

Введение. Современные чрезвычайные ситуации (ЧС), будь то природные катастрофы, техногенные аварии или военные конфликты, требуют от системы здравоохранения и работы экстренных служб оперативного и высокоэффективного реагирования [1, 2]. Одной из важнейших задач в подобных условиях является безопасная и своевременная эвакуация раненых или пострадавших из зон с повышенной опасностью, где традиционные подходы (ручная транспортировка, применение стандартного санитарного транспорта) оказываются затруднительными или даже невозможными. В последние годы значительное развитие получили наземные роботизированные платформы (НРП), способные повысить эффективность поисково-спасательных (эвакуационных) мероприятий за счет удаленного управления, автономной навигации, модульных конструкций и адаптации под различные сценарии применения¹ [3, 4].

Исследования демонстрируют, что страны с передовыми технологиями в сфере робо-

тотехники (Россия, США, Израиль, Япония, Германия и др.) активно внедряют различные форматы мобильных наземных комплексов для эвакуации пострадавших, поддерживая множество функциональных опций: от установки медицинских модулей до возможностей разведки или разминирования² [5–7]. Российские разработки, такие как «Наземный медицинский роботизированный комплекс» (рис. 1), «Депеша» (рис. 2) и «Багги» (рис. 3), ориентированы не только на военные, но и на задачи спасения в условиях ЧС, предлагая защищенные отсеки для раненых, использование гусеничного или колесного шасси, а также дистанционное управление через VR-устройства [3, 4]. В то же время платформы «Братишка» (рис. 4) и «Сталкер» (рис. 5) обладают повышенной проходимостью для работы в условиях завалов или минной опасности, что особенно актуально в зонах боевых действий и разрушенных зданиях [4].

²Milrem Robotics. THeMIS Unmanned Ground Vehicle: Technical Specifications. – URL: <https://milremrobotics.com/themis/> (дата обращения: 10.07.2024)

¹Лопота А.В., Николаев А.Б. Современные тенденции развития робототехнических комплексов военного и специального назначения // DJVU Online. 2019. – URL: <https://djvu.online/file/19dSBoSORoXbw> (дата обращения: 06.02.2025).

³Лопота А.В., Николаев А.Б. Современные тенденции развития робототехнических комплексов военного и специального назначения // DJVU Online. 2019. – URL: <https://djvu.online/file/19dSBoSORoXbw> (дата обращения: 06.02.2025).



Рис. 1. Наземный медицинский роботизированный комплекс

Fig. 1. Ground-based medical robotic complex



Рис. 2. «Депеша»

Fig. 2. «Depesha»



Рис. 3. «Багги»

Fig. 3. «Buggy»



Рис. 4. «Братишка»

Fig. 4. «Bratishka»



Рис. 5. Робот-платформа «Сталкер»

Fig. 5. Robot platform «Stalker»



Рис. 6. Гусеничная гибридная модульная пехотная система «THeMIS»

Fig. 6. Tracked Hybrid Modular Infantry System «THeMIS»

На международной арене особое внимание уделяется модульности и универсальности РНП. К примеру, эстонская платформа THeMIS (Milrem Robotics) (рис. 6) способна перевозить более тонны грузов, включая медицинское оборудование, и использоваться для эвакуации под ог-

нем⁴ [10]. Четвероногие роботы (Q-UGV) (рис. 7) в США ориентированы на логистику и могут при

⁴Лопота А.В., Николаев А.Б. Современные тенденции развития робототехнических комплексов военного и специального назначения // DJVU Online. 2019. – URL: <https://djvu.online/file/19dSBoSORoXbw> (дата обращения: 06.02.2025).



Рис. 7. Четвероногое беспилотное наземное транспортное средство «Q-UGV» фирмы «Ghost Robotics»

Fig. 7. Quadrupedal Unmanned Ground Vehicle «Q-UGV», Ghost Robotics



Рис. 8. Робот-ассистент по эвакуации с поля боя «Медведь»

Fig. 8. Battlefield Extraction-Assist Robot «BEAR»



Рис. 9. Беспилотная наземная платформа «REX MK II»

Fig. 9. REX MK II unmanned ground platform



Рис. 10. Беспилотный наземный транспортный аппарат – роботизированная несущая система Gereon

Fig. 10. New unmanned ground vehicle, the Gereon Robotic Carrier System

необходимости адаптироваться под транспортировку пострадавших, в то время как бипедальный BEAR (Battlefield Extraction Assist Robot) от DARPA/TATRC (рис. 8) специализируется на переноске раненых по лестницам и труднопроходимым участкам [8, 9]. Израильские решения, такие как Gaurdium Mk 2 или REX MK II (рис. 9), ориентированы на патрульно-боевые операции, но при установке соответствующих модулей позволяют выполнять и эвакуационные функции [4, 5]. В Германии и других странах НАТО разрабатываются колесные тяжелые системы (ARX GEREON, проект CUGS) (рис. 10), обеспечивающие хорошую автономность, поддержку сетей 5G и интеграцию с единой системой управления войсками [5, 7, 10]. В Японии Технологический университет Нагаока создает шагающие роботы (Bloodhound), адаптирован-

ные для поиска и спасения в условиях завалов после землетрясений (рис. 11) [7].

Несмотря на общее стремление разработчиков увеличить универсальность и надежность наземных роботизированных платформ, остается ряд нерешенных вопросов. Среди основных проблем – ограниченное время автономной работы (от 3 до 15 ч) при высоком энергопотреблении, сложность управления в условиях подавления каналов связи и необходимость совершенствования систем стабилизации при перевозке пациентов [2, 3, 8, 11]. Кроме того, усиливается запрос на стандартизацию и совместимость: страны НАТО развивают подход к децентрализованным системам, работающим в общей сети (CUGS), в то время как в России формируется собственная концепция развития робототехники до 2030 г. с ориентацией на военное и граждан-



Рис. 11. Робот «Ищейка»
Fig. 11. Робот «Bloodhound»

ское использование [12]. С медицинской точки зрения первоочередными задачами становятся обеспечение безопасной фиксации раненого, создание базовой поддержки жизнедеятельности (установка медицинского блока – систем мониторинга состояния пострадавшего) и сохранение устойчивости платформы при прохождении пересеченной местности.

Таким образом, актуальность темы определяется необходимостью эффективного применения роботизированных комплексов для эвакуации пострадавших в широком спектре сценариев – от зон боевых действий до чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Систематизированный анализ отечественных и зарубежных разработок позволяет выявить наиболее перспективные решения и направления совершенствования НРП.

Цель. Сопоставить ключевые характеристики различных типов наземных роботизированных платформ (гусеничные, колесные, шагающие, четвероногие), оценить их эффективность в спасательных операциях и предложить рекомендации, способствующие повышению готовности к выполнению медицинских задач по эвакуации в условиях ЧС.

Кроме того, оценить возможности, эффективность и тенденции развития наземных роботизированных платформ для эвакуации, а также выявить факторы, влияющие на их внедрение в систему ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

Материалы и методы. Поиск проводился в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science и eLibrary с использованием ключевых слов *robotic ground vehicles, casualty evacuation, rescue robotics, military medical robotics*. На пер-

вом этапе было выявлено 50 потенциально релевантных публикаций, из которых 30 отобраны для подробного анализа на предмет описания конструктивных характеристик и практики применения наземных роботизированных платформ. В список литературы включены 16 источников, материалы которых непосредственно цитируются в тексте или приводят описываемые результаты; оставшиеся публикации использовались преимущественно для контент-анализа. Каждую исследованную статью оценивали по критериям наличия описания методов эвакуации, указания ключевых технических параметров и упоминания уровня эффективности (время отклика, автономность). Собранные данные обобщали в сводных таблицах для выявления основных тенденций и сравнения платформ.

Объектом исследования в данной работе выступили наземные роботизированные платформы, предназначенные для эвакуации раненых и пострадавших при чрезвычайных ситуациях различного характера (природные катастрофы, техногенные аварии, боевые действия). Предметом анализа являлись технические и эксплуатационные параметры НРП (тип шасси, грузоподъемность, автономность, способы управления и связи), а также особенности их приспособления к медицинской эвакуации (наличие модульных решений, систем стабилизации раненых и жизнеобеспечения).

Для формирования общей выборки использовали отечественные [1–4, 8] и зарубежные [9–11] источники, опубликованные в научных журналах, монографиях и на официальных сайтах разработчиков роботизированных комплексов. При этом учитывали только материалы, содержащие сведения о реальных или экспериментальных платформах, ориентированных на спасательные операции.

Охвачены исследования, отражающие как текущий уровень развития технологий, так и перспективные проекты, включенные в государственные и международные программы [8, 12].

Критериями включения в обзор явились: 1) наличие описания конструктивных или эксплуатационных характеристик НРП; 2) упоминание методов или сценариев эвакуации раненых; 3) указание или оценка эффективности (время отклика, автономность, степень снижения риска для персонала).

Все выбранные публикации и технические отчеты были подвергнуты процедуре контент-

анализа, в ходе которой выделяли упоминания о медицинском модуле, системе жизнеобеспечения, способе размещения пострадавшего и условиях эксплуатации робота (наличие завалов, боевых действий, радиопомех). Каждому упомянутому параметру присваивали оценку важности для эвакуации (высокая, средняя или низкая) с учетом рекомендаций по робототехническим комплексам [1, 2].

Для сопоставления различных платформ использовали метод сравнения ключевых показателей – полезная нагрузка, тип шасси (гусеничное, колесное, шагающее, четвероногое), заявленная автономность, интеграция с системами дистанционного управления и связь с медицинскими службами^{5,6} [11, 12]. Собранные данные вносили в сводные таблицы, где выявлялись сходства и различия в технических решениях.

Дополнительно изучались практические примеры внедрения НРП в реальных условиях (например, испытания российских образцов «Депеша», «Багги» и зарубежных – THeMIS, BEAR), а также результаты полевых испытаний, описанные в отчетах [5, 10]. Оценивалось насколько роботизированные платформы упрощают задачу транспортировки пострадавших, снижают риск для эвакуационной группы и сокращают время эвакуации.

Ограничением в процессе исследования стало то, что для некоторых иностранных разработок (особенно китайских и израильских систем) информация о медицинских модулях может быть фрагментарной, что ограничивает полноту сравнения [4, 11, 12]. Сценарии тестирования (городская застройка, полевые условия, завалы при землетрясении) часто не унифицированы, поэтому прямое сопоставление платформ может содержать погрешность^{7,8}. Большинство

роботов находятся все еще на стадии опытных или демонстрационных образцов, а полевые испытания не всегда отражают реальную экстремальную ситуацию [6, 10].

Таким образом, материалы и методы исследования основаны на комплексной оценке технических публикаций, сравнительном анализе ключевых характеристик роботизированных платформ и качественном изучении сценариев эвакуации, описанных в открытых источниках. Данный подход позволяет выявить общий уровень развития и перспективы применения наземных роботизированных комплексов для медицинских задач в контексте различных ЧС.

Результаты. Результаты, полученные при анализе отечественных и зарубежных наземных роботизированных платформ, ориентированных на эвакуацию раненых и пострадавших, позволяют выделить ряд ключевых тенденций и факторов, влияющих на эффективность подобных систем. Ниже представлены две обобщенные таблицы (табл. 1, 2), иллюстрирующие основные характеристики отечественных и зарубежных НРП. Их анализ служит основой для обсуждения, в котором затрагиваются технические, эксплуатационные и медико-санитарные аспекты применения описанных систем.

Как видно из табл. 1, данные о роботах получены из технических отчетов и публикаций по отечественным разработкам⁹ [3, 4]. Указанная грузоподъемность и способы эвакуации могут варьировать в зависимости от модульных конфигураций или конкретных условий эксплуатации [4, 10].

Проведенный анализ показал, что среди отечественных НРП, ориентированных на эвакуацию раненых и пострадавших, наиболее часто упоминаются гусеничные и колесные решения с возможностью модульной адаптации. Так, в ряде российских источников [3, 4, 10] зафиксирована грузоподъемность до 250 кг у отдельных моделей, что позволяет одновременно перевозить двух и более пострадавших в положении лежа. При этом отдельные системы предполагают применение бронированного модуля или закрытого контейнера, способного защитить эвакуируемых от осколков и облом-

⁵Лопота А. В., Николаев А. Б. Современные тенденции развития робототехнических комплексов военного и специального назначения // DJVU Online. 2019. – URL: <https://djvu.online/file/19dSBoSORoXbw> (дата обращения: 06.02.2025).

⁶Milrem Robotics. THeMIS Unmanned Ground Vehicle: Technical Specifications. – URL: <https://milremrobotics.com/themis/> (дата обращения: 10.07.2024)

⁷Лопота А. В., Николаев А. Б. Современные тенденции развития робототехнических комплексов военного и специального назначения // DJVU Online. 2019. – URL: <https://djvu.online/file/19dSBoSORoXbw> (дата обращения: 06.02.2025).

⁸Milrem Robotics. THeMIS Unmanned Ground Vehicle: Technical Specifications. – URL: <https://milremrobotics.com/themis/> (дата обращения: 10.07.2024)

⁹Лопота А.В., Николаев А.Б. Современные тенденции развития робототехнических комплексов военного и специального назначения // DJVU Online. 2019. – URL: <https://djvu.online/file/19dSBoSORoXbw> (дата обращения: 06.02.2025).

Таблица 1

Отечественные роботизированные платформы для эвакуации

Table 1

Russian robotic evacuation platforms

Комплекс	Тип шасси	Грузоподъемность	Особенности эвакуации	Дополнительные функции
Наземный медицинский роботизированный комплекс	Гусеничное	До 250 кг	Эвакуация 1-2 раненых (лежа) Защита от пуль и осколков	Перевозка грузов Возможна установка вооружения или мед. модуля
«Депеша»	Колесное	150 кг	Транспортировка в закрытом контейнере Работа в условиях завалов	FPV-управление (шлем) Использование как дрон-камикадзе
«Багги»	Колесное	250 кг	Эвакуация 2–3 пострадавших Автономный режим движения	Возможность минирования Установка ретрансляторов связи
«Братишка»	Гусеничное	200 кг	Защищенный отсек для раненых Работа в зонах обрушения (руины, окопы)	Управление через VR-очки Запас хода до 16 ч, дальность до 10 км
Робот-платформа «Сталкер»	Гусеничное	Более 250 кг	Работа в условиях минной опасности Очистка завалов (тралом)	Функции разминирования Прокладка путей в зонах ЧС

ков. В некоторых проектах предусмотрены дистанционные режимы управления (через VR-очки, FPV-шлемы), позволяющие оператору избегать прямого пребывания в опасной зоне, а в перспективе – реализовать частичную автономность на заданном маршруте [3, 4].

Особо выделяются разработки, нацеленные на повышенную маневренность при городских операциях (например, колесные платформы с радиусом действия до 10 км), а также гусеничные системы, ориентированные на преодоление завалов и работу в условиях минной опасности [4]. При этом задачи, связанные с эвакуацией в боевых сценариях, нередко дополняются возможностью вооружения или ретрансляции связи. В целом, в отечественных НРП реализован гибридный подход: часть конструкций обеспечивает быстрый вывоз 1-2 человек (при компактном шасси и меньшем запасе хода), тогда как другие роботы обладают увеличенной грузоподъемностью и защитным отсеком для нескольких раненых.

В табл. 2 приведены лишь некоторые наиболее обсуждаемые в литературе зарубежные НРП; реальный перечень шире¹⁰ [5, 10–12]. Часто указывается частичная совместимость перечисленных систем с вооружением и разведывательными сенсорами, однако функции медицинского модуля требуют дополнительных модификаций [4, 9].

Зарубежные решения, упомянутые в научных публикациях [9–12], предлагают еще более универсальный модульный подход. Так, некоторые системы способны изменять функционал (от эвакуации до боевого сопровождения) за счет быстросъемных блоков. В Эстонии (Milrem Robotics) разработана гусеничная платформа с автономностью до 15 ч и возможностью установки медицинского оборудования, что обеспечивает транспортиров-

¹⁰Milrem Robotics. TheMIS Unmanned Ground Vehicle: Technical Specifications. – URL: <https://milremrobotics.com/themis/> (дата обращения: 10.07.2024)

Таблица 2

Зарубежные роботизированные платформы для эвакуации и комплексных задач

Table 2

Foreign robotic platforms for evacuation and complex tasks

Система	Страна/Организация	Основные характеристики	Источник
ARX GEREON	Германия (НАТО)	Модульная платформа для логистики и эвакуации Дистанционное или автономное управление Интеграция с сетями 5G	[5], [7], [12]
THeMIS	Эстония (Milrem Robotics)	Гусеничная платформа, грузоподъемность до 1, 2 т, автономность до 15 ч Возможно оснащение мед. оборудованием	[8], [10]
Bloodhound	Япония	Шагающие системы для поисково- спасательных операций в завалах Участвуют в соревнованиях по обнаружению манекенов	[5]
REX MK II	Израиль	Колесная платформа для патрулирования Возможна адаптация для эвакуации раненых (модульная надстройка)	[2], [4]
Q-UGV	США	Четвероногий робот с ИИ-навигацией, грузоподъемность до 150 кг –Применяется для разведки и при необходимости –эвакуации	[10], [11]

ку большого числа пострадавших. В Германии тестируются варианты интеграции с сетями 5G, что помогает наладить оперативную связь между несколькими роботами в рамках единой спасательной инфраструктуры [5, 9]. Японские исследования [5] демонстрируют ориентацию на шагающие механизмы, которые хорошо подходят для поиска и спасения в условиях масштабных разрушений (например, после землетрясений), но пока имеют ограниченную грузоподъемность и сравнительно низкую автономность.

В ряде статей по системам Израиля и США [3, 5] описываются колесные (REX MK II) или четвероногие (Q-UGV) роботы, изначально спроектированные под военные нужды. Они при необходимости могут быть переоборудованы в носители медицинского модуля, обеспечивая дистанционную транспортировку пострадавших в городских условиях или на пересеченной местности. Однако проблемы автономного питания, а также вопросы совместимости с оборудованием для поддержания жизненных функций пока остаются нерешенными.

Исследования в зарубежных журналах (включая IEEE Transactions on Robotics и Journal of Field Robotics) указывают на тен-

денцию к увеличению уровня искусственного интеллекта (ИИ) в подобных системах. Например, четвероногие роботы с алгоритмами машинного обучения способны самостоятельно оценивать препятствия, искать пострадавших и адаптировать маршрут в режиме реального времени. Такая функциональность позволяет повысить точность передвижения на сложных участках и снижает потребность в постоянном участии оператора [4, 5, 10–12].

Серьезным препятствием, упоминаемым в ряде статей [5, 9, 10], остается ограничение по времени непрерывной работы, когда при использовании аккумуляторных систем требуется частая подзарядка или замена батарей. Некоторые модели (особенно с дизель-электрической схемой) демонстрируют автономность до 15 ч, однако увеличивают вес и уровень шума. Параллельно не до конца отлажены протоколы интеграции с телемедицинскими сервисами: многие роботы оснащены лишь базовыми средствами мониторинга (камера, микрофон), тогда как полный спектр оценки состояния раненого и поддержка жизненно важных функций требуют установки дополнительных медицинских модулей, которым нередко не хватает свободного места и запаса энергии.

Вследствие отсутствия единых технических стандартов почти все авторы обращают внимание на необходимость унификации разъемных решений (накладных медицинских контейнеров, креплений, систем передачи данных), что позволило бы оперативно переориентировать любую универсальную платформу под конкретную задачу эвакуации. По данным Министерства обороны Российской Федерации [3, 5, 10] и европейских оборонных агентств [9], именно модульность и межсистемная совместимость станут главными приоритетами в создании роботизированных комплексов следующего поколения¹¹.

Таким образом, обобщенные результаты свидетельствуют о том, что наземные роботизированные платформы демонстрируют существенный прогресс, позволяя снизить риски для представителей медицинской службы при эвакуации пострадавших. Чтобы сделать данные системы по-настоящему эффективными в любых условиях (от локальных ЧС до масштабных военных конфликтов) требуется дальнейшее совершенствование силовых установок, повышение уровня автономности и более тесная интеграция с медицинским функционалом.

Обсуждение. Совокупность собранных данных по отечественным и зарубежным системам показывает, что НРП для эвакуации раненых и пострадавших в чрезвычайных ситуациях находятся на стадии активного развития и совершенствования. Изученные проекты демонстрируют как высокую вариативность конструктивных решений, так и расширение функционала, связанного с обеспечением безопасной транспортировки и первичной поддержки пострадавших. При этом часть технических решений, ориентированных на боевые действия и логистику, адаптирована к потребностям медицинской службы и зачастую вносятся в платформу модульно, что соответствует современному тренду универсализации робототехники¹² [3, 5, 10, 11].

Уже на этапе первичной оценки технических характеристик становится очевидным, что вы-

бор типа шасси (колесное или гусеничное) определяется конкретными условиями применения. Колесные модели, как правило, проявляют себя эффективнее в городской среде, характеризующейся относительно ровными поверхностями и возможностью быстрого реагирования. Напротив, гусеничные платформы показывают лучшую проходимость и устойчивость в условиях разрушенных объектов, завалов или пересеченной местности, что актуально при спасательных операциях после землетрясений, взрывов и иных катастроф с серьезными структурными повреждениями [4, 10, 12]. Отдельно можно выделить шаговые и четвероногие системы (Япония, США), перспективность которых состоит в том, что они могут осваивать сложные участки рельефа, но все еще испытывают ограничения по грузоподъемности и времени автономной работы [6, 13].

В большинстве описанных разработок прослеживается стремление к созданию комплексной многоцелевой платформы. Так, наличие универсальных креплений и модулей (медицинских, боевых, разведывательных) дает возможность одной и той же системе выполнять широкий спектр задач. С одной стороны, модульный подход позволяет экономить ресурсы и упрощает логистику, а с другой – требует решения вопросов стандартизации интерфейсов, чтобы «общие» медицинские блоки и коммуникационные устройства могли без доработок устанавливаться на различные типы НРП. Согласно обзорам зарубежных экспертов, отсутствие единых технических регламентов по форм-факторам и протоколам связи замедляет внедрение подобных решений в работу спасательных служб [5, 9].

Следует отметить, что одним из ключевых факторов эффективности эвакуационных систем является качество навигации и уровень автономности робота. Анализ зарубежных работ показывает, что передовые комплексы (например, THeMIS, Q-UGV, ARX GEREON) все активнее используют алгоритмы искусственного интеллекта для распознавания препятствий, самостоятельного обхода опасных участков и точной локализации пострадавших¹³ [4, 11, 12]. Тем не менее даже самые современные системы остаются уязвимы к воздействиям радиоэлек-

¹¹Milrem Robotics. THeMIS Unmanned Ground Vehicle: Technical Specifications. – URL: <https://milremrobotics.com/themis/> (дата обращения: 10.07.2024)

¹²Лопота А.В., Николаев А.Б. Современные тенденции развития робототехнических комплексов военного и специального назначения // DJVU Online. 2019. – URL: <https://djvu.online/file/19dSBoSORoXbw> (дата обращения: 06.02.2025).

¹³Milrem Robotics. THeMIS Unmanned Ground Vehicle: Technical Specifications. – URL: <https://milremrobotics.com/themis/> (дата обращения: 10.07.2024)

тронных помех, а время непрерывной работы ограничено ресурсами аккумуляторов или дизель-электрической установки. Таким образом, будущее развитие, вероятно, будет связано с появлением более энергоэффективных технологий и резервных механизмов связи (например, интеграция с 5G, ретрансляторами дронов и специализированными военными сетями) [5, 9].

Одним из перспективных векторов внедрения НРП является телемедицина, но на практике пока большинство платформ не имеют встроенных средств мониторинга состояния пациента: в роботах чаще всего используются лишь системы видеонаблюдения и базовые датчики движения. Представляется целесообразным расширять возможности медицинских модулей, которые позволяли бы стабилизировать раненого в период транспортировки (например, искусственная вентиляция легких, фиксирующие устройства для позвоночника, капельницы) или оперативно передавать информацию о состоянии пациента в госпиталь для подготовки к приему¹⁴ [3–5]. Более того, именно в направлении дистанционной диагностики и первичного оказания помощи лежат ключевые преимущества роботизации при массовых ЧС, когда дефицит людских ресурсов может стать критическим.

Отмечается и ряд организационных сложностей. Во многих публикациях подчеркивается проблема координации между разными службами (медицинские службы заинтересованных министерств, агентств, ведомств) и отсутствия четкой регламентации использования роботизированных комплексов в единых сценариях реагирования. Например, чтобы интегрировать РНП в существующую систему управления ЧС, требуется совершенствование нормативно-правовой базы и проведение совместных учений с привлечением операторов и врачей. Без этого полноценно использовать возможности роботов (включая гибридные миссии по разведке/эвакуации) затруднительно [5, 10].

Анализ результатов, представленных в отечественных и международных публикациях, подтверждает, что наземные роботизированные платформы способны играть заметную роль в повышении оперативности и безопасности эвакуа-

ции при ЧС. Дальнейшее развитие их проектных решений будет сосредоточено на повышении энергоэффективности, совершенствовании телекоммуникационных каналов, стандартизации модульных конструкций и медицинского оснащения. Все это создаст предпосылки для массового внедрения подобных комплексов в практику как военной, так и гражданской медицины, обеспечивая снижение рисков для персонала и повышение шансов на доставку раненых и пострадавших для своевременного оказания необходимой медицинской помощи.

Заключение. Актуальность применения наземных роботизированных платформ для эвакуации раненых и пострадавших не вызывает сомнений, учитывая увеличение числа чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также растущий спрос на снижение рисков для медицинского персонала в условиях военного конфликта. Проведенный анализ отечественных и зарубежных разработок свидетельствует о многообразии подходов к конструированию НРП: от легких и маневренных колесных комплексов, предназначенных для быстрого реагирования в городских условиях, до тяжелых гусеничных систем, способных функционировать в условиях обрушений и минной опасности.

Наиболее перспективными направлениями дальнейшего развития представляются:

- улучшение энергетической автономности за счет внедрения гибридных или возобновляемых источников питания;
- совершенствование медицинских модулей, включающих расширенный функционал (мониторинг жизненных показателей, поддержка дыхания, телемедицинские сервисы);
- интеграция с системами управления ЧС и с телемедицинской инфраструктурой, а также реализация платформ, способных эффективно взаимодействовать друг с другом в единой сети;
- обеспечение многофункциональности за счет модульного принципа, что позволит быстро адаптировать НРП под эвакуацию, разминирование, разведку или доставку грузов.

Результаты работы могут служить исходной точкой для исследования лучших решений существующих НРП с целью использования роботизированных платформ медицинской службой при ликвидации последствий ЧС и военных конфликтов.

¹⁴Лопота А.В., Николаев А.Б. Современные тенденции развития робототехнических комплексов военного и специального назначения // DJVU Online. 2019. – URL: <https://djvu.online/file/19dSB0SORoXbw> (дата обращения: 06.02.2025)

Сведения об авторах:

Шуленин Николай Сергеевич – кандидат медицинских наук, начальник организационно-планового отдела Военно-научного комитета; Главное военно-медицинское управление Министерства обороны Российской Федерации; 119160, Москва, ул. Знаменка, д. 14; SPIN: 3497-2982; ORCID: 0009-0008-4567-9279; e-mail: shulenin.ns@gmail.com

Мавренков Эдуард Михайлович – доктор медицинских наук, председатель Военно-научного комитета; Главное военно-медицинское управление Министерства обороны Российской Федерации; 119160, Москва, ул. Знаменка, д. 14; SPIN: 8574-8891; ORCID: 0000-0001-8040-3720; e-mail: ehd-mavrenkov@yandex.ru

Жангиреев Константин Галижанович – начальник научно-технического отдела Военно-научного комитета; Главное военно-медицинское управление Министерства обороны Российской Федерации; 119160, Москва, ул. Знаменка, д. 14; ORCID: 0009-0009-5687-8406; e-mail: zhangireev@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; 119160, Moscow, Znamenka Str., 14; SPIN: 3497-2982; ORCID: 0000-0002-9715-0931; e-mail: shulenin.ns@gmail.com

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; 119160, Moscow, Znamenka Str., 14; SPIN: 8574-8891; ORCID: 0000-0001-8040-3720; e-mail: ehd-mavrenkov@yandex.ru

Konstantin G. Zhangireev – Head of the Scientific and Technical Department of the Military Scientific Committee; Main Military Medical Directorate of the Ministry of Defense of the Russian Federation; 119160, Moscow, Znamenka Str., 14; ORCID: 0009-0009-5687-8406; e-mail: zhangireev@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 – Н. С. Шуленин, Э. М. Мавренков; сбор данных – К. Г. Жангиреев; подготовка рукописи – Н. С. Шуленин, Э. М. Мавренков, К. Г. Жангиреев

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: NSSh, EMM contribution to the concept and plan of the study. KGZh contribution to data collection. NSSh, EMM, KGZh 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: 15.01.2025

Принята к печати/Accepted: 15.03.2025

Опубликована/Published: 30.03.2025

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Репин А. В., Кириченко А. Д. Применение наземных робототехнических комплексов для проведения поисково-спасательных работ и эвакуации с поля боя пострадавшего личного состава // *Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации*. 2022. № 1(23). С. 149–159 [Repin A. V., Kirichenko A. D. Application of Ground Robotic Complexes for Search and Rescue Operations and Casualty Evacuation from the Battlefield. *Scientific Problems of Material and Technical Support of the Armed Forces of the Russian Federation*, 2022, No. 1(23), pp. 149–159 (In Russ.)].
2. Семенов Н. Е., Полевой Е. В. Система управления самостабилизирующейся роботизированной платформы для эвакуации пострадавшего из зоны ЧС по пересеченной местности // *Применение робототехнических комплексов специального назначения: Сборник трудов XXXII Международной научно-практической конференции, Химки, 1 марта 2022 г. Т. Секция 4. Химки: Академия гражданской защиты Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям; 2022. С. 145–148 [Semenov N. E., Polevoy E. V. Control System of the Self-Stabilizing Robotic Platform for Evacuation from Emergency Zones over Challenging Terrain. Application of Robotics Systems for Special Purposes: Proceedings of the XXIII International Scientific and Practical Conference, Khimki, March 1, 2022, Vol. Section 4, Khimki: Academy of Civil Defense, Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, 2022, pp. 145–148 (In Russ.)].*
3. Бебешев В. Т., Метелев Д. Н. Обеспечение комплексной защиты наземных робототехнических комплексов военного назначения // *Военная мысль*. 2021. № 2. С. 115–124 [Bebeshev V. T., Metelev D. N. Ensuring Comprehensive Protection of Ground Robotic Military Systems. *Military Thought*, 2021, No. 2, pp. 115–124 (In Russ.)].
4. Корсунский В. А., Наумов В. Н. Перспективы развития военных мобильных робототехнических комплексов наземного базирования в России // *Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана*. 2012. № 10(10). С. 29 [Korsunskiy V. A., Naumov V. N. Prospects for the Development of Military Mobile Ground-

- Based Robotic Systems in Russia. *Bulletin of the Moscow State Technical University named after N.E. Bauman*, 2012, No. 10(10), pp. 29 (In Russ.).
5. Ляпанова С. Д., Суздальцева Е. С. Медицинские роботизированные комплексы для эвакуации раненых и пострадавших: проблемы и перспективы развития // *Студенческий вестник*. 2024. № 38(324). С. 5–7 [Lyapanova S.D., Suzdaltseva E.S. Medical Robotic Systems for the Evacuation of the Injured and Affected: Issues and Prospects. *Student Herald*, 2024, No. 38(324), pp. 5–7 (In Russ.)].
 6. Юдин А. Б., Пригорелов О. Г., Сохранов М. В. Многофункциональная роботизированная медицинская система для эвакуации раненых: обоснование и перспективы разработки // *Журнал военной медицины*. 2018. Т. 339, № 11. С. 10–14 [Yudin A. B., Prigorolev O. G., Sokhranov M. V. Multifunctional Robotic Medical System for Casualty Evacuation: Rationale and Prospects for Development. *Journal of Military Medicine*, 2018, Vol. 339, No. 11, pp. 10–14 (In Russ.)].
 7. Голота А. С., Ивченко Е. В., Крассий А. Б. и др. Разработка медицинских роботов поля боя в вооруженных силах США // *Военно-медицинский журнал*. 2014. Т. 335, № 4. С. 65–68 [Golota A. S., Ivchenko E. V., Krassey A. B., et al. Development of Battlefield Medical Robots in the U.S. Armed Forces. *Military Medical Journal*, 2014, Vol. 335, No. 4, pp. 65–68 (In Russ.)].
 8. Баранник А. Ю., Лагутина А. В., Дудоров Е. А., Асхадеев А. И. Перспективные сценарии применения робототехнических комплексов // II Научно-практическая конференция по развитию робототехники в области обеспечения безопасности жизнедеятельности «RoboEmercom»: Сборник материалов конференции, Москва, 16 сентября 2022 года. Москва: ВНИИ по проблемам гражданской обороны и ЧС МЧС России, 2022. С. 42–53 [Barannik A. Yu., Lagutina A. V., Dudorov E. A., Ashadeev A. I. Prospective Scenarios for the Application of Robotic Complexes. II International Scientific and Practical Conference on the Development of Robotics in the Field of Life Safety, Proceedings, Moscow, 16 September 2022. – Moscow: Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies, 2022, pp. 42–53 (In Russ.)].
 9. Гребенюк А. Н., Лисина Е. А., Лисин П. Л., Старков А. В. Медицинские технические устройства для медицинской эвакуации раненых и пострадавших в чрезвычайных ситуациях // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2020. № 1. С. 21–35 [Grebenyuk A. N., Lisina E. A., Lisin P. L., Starkov A. V. Medical Technical Devices for the Evacuation of the Injured and Affected in Emergency Situations. *Medico-biological and Socio-Psychological Issues of Safety in Emergency Situations*, 2020, No. 1, pp. 21–35 (In Russ.)]. doi: 10.25016/2541-7487-2020-0-1-21-35.
 10. Матушкин В. Л., Случанинов Н. Н., Брайко А. П. Мобильные робототехнические комплексы для ВС РФ // *Комплексные технологии в механике и транспортном строительстве: Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти профессора Г.Н. Гаврилова, Петергоф, 14 декабря 2022 года*. Санкт-Петербург: Военный институт (Железнодорожных войск и военных сообщений), 2023. С. 103–110 [Matushkin V. L., Sluchaninov N. N., Brayko A. P. Mobile Robotic Complexes for the Russian Armed Forces. *Complex Technologies in Mechanics and Transport Construction: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference in Memory of Prof. G.N. Gavrilov, Petergof, 14 December 2022*, St. Petersburg: Military Institute (Railway Troops and Military Communications), 2023, pp. 103–110 (In Russ.)].
 11. Селиверстов П. А., Шапкин Ю. Г. Возможности и эффективность применения телемедицинских технологий в условиях боевых действий (обзор литературы) // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2024. № 3. С. 66–76 [Seliverstov P. A., Shapkin Yu. G. Capabilities and Effectiveness of Telemedicine Technologies under Combat Conditions (Literature Review). *Medico-biological and Socio-Psychological Issues of Safety in Emergency Situations*, 2024, No. 3, pp. 66–76 (In Russ.)]. doi: 10.25016/2541-7487-2024-0-2-66-76.
 12. Александров А. О., Рябцев С. В. Обзор и анализ зарубежных робототехнических комплексов для поиска, извлечения, эвакуации и медицинской помощи пострадавшим в полевых условиях // *Состояние и перспективы развития современной науки по направлению «Робототехника»: Сборник статей V Всероссийской научно-технической конференции, Анапа, 19–20 июля 2023 года*. – Анапа: ФГУ «Военный инновационный технополис «ЭРА»», 2023. С. 343–354 [Aleksandrov A. O., Ryabtsev S. V. Review and Analysis of Foreign Robotic Complexes for Search, Extraction, Evacuation and Medical Assistance in Field Conditions. State and Prospects for the Development of Modern Science in the Field of Robotics: Proceedings of the V All-Russian Scientific and Technical Conference, Anapa, 19–20 July 2023, Anapa: FGU “Military Innovative Technopark ERA”, 2023, pp. 343–354 (In Russ.)].
 13. Дэвис М. К., Гилберт Г. Balancing Autonomy and Combat Casualty Care // *Combat & Casualty Care Magazine*. Spring. 2018. С. 26–27 [Davis M. K., Gilbert G. Balancing Autonomy and Combat Casualty Care. *Combat & Casualty Care Magazine*, Spring, 2018, pp. 26–27].

МЕДИКО-СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ У КАТЕГОРИЙ ЛИЧНОГО СОСТАВА ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (2003–2021 гг.)

¹И. Г. Мосягин, ²В. И. Евдокимов*, ³М. С. Плужник

¹Медицинская служба Главного командования Военно-Морского Флота Российской Федерации,
Санкт-Петербург, Россия

²Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины имени А. М. Никифорова
МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

³Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

ЦЕЛЬ. Оценить многолетнюю динамику медико-статистических показателей заболеваемости личного состава Военно-Морского Флота (ВМФ) Российской Федерации, что позволит уточнить силы и средства для медицинского обеспечения категорий военнослужащих на мирное время.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Проведен статистический анализ данных медицинских отчетов о состоянии здоровья личного состава и деятельности медицинской службы по форме 3/МЕД воинских частей, в которых проходили службу не менее 70 % от общего числа военнослужащих ВМФ России с 2003 по 2021 г. Данные о состоянии здоровья был рассчитан на 1000 военнослужащих или в ‰: уровень смертности – на 100 тыс. военнослужащих в год. В статье представлены средние арифметические показатели и их ошибки ($M \pm m$).

РЕЗУЛЬТАТЫ. Среднегодовой уровень общей заболеваемости личного состава ВМФ России был 1186,9 ‰, доля заболеваемости офицеров и мичманов составила 27,4 %, матросов и старшин контрактной службы – 17,2 %, военнослужащих женского пола – 6,3 %, военнослужащих по призыву – 49,1 %, из них первичной заболеваемости соответственно – 571,9 ‰ и 21,6, 17,8, 4,8 и 55,8 ‰, госпитализации – 462,3 ‰ и 16,9, 11,7, 3,5 и 67,9 ‰, увольняемости – 18,24 ‰ и 27,6, 9,2, 5,3 и 57,9 ‰, смертности – $69,56 \cdot 10^{-3}$ и 49,8, 33,7, 4,1 и 12,4 ‰. Наиболее выраженные уровни учетных видов заболеваемости выявлены у военнослужащих по призыву и военнослужащих женского пола. Значительная доля заболеваемости военнослужащих по призыву – следствие ослабления барьерных функций призывных комиссий военкоматов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Акцентирование внимания на профилактике нозологий у военнослужащих по призыву может существенно уменьшить заболеваемость личного состава ВМФ России. Анализ многолетней динамики и структуры заболеваемости у различных категорий личного состава ВМФ России позволяет уточнить силы и средства для медицинского обеспечения военнослужащих.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, военнослужащие, офицеры, матросы, военнослужащие-женщины, заболеваемость, госпитализация, трудопотери, увольняемость, смертность, Военно-Морской Флот

*Для корреспонденции: Евдокимов Владимир Иванович, e-mail: 9334616@mail.ru

*For correspondence: Vladimir I. Evdokimov, e-mail: 9334616@mail.ru

Для цитирования: Мосягин И. Г., Евдокимов В. И., Плужник М. С. Медико-статистические показатели заболеваемости у категорий личного состава Военно-Морского Флота Российской Федерации (2003–2021 гг.) // *Морская медицина*. 2025.

T. 11, № 1. С. 58–75, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-58-75>; EDN: <https://elibrary.ru/ZHYNJU>

For citation: Mosyagin I. G., Evdokimov V. I., Pluzhnik M. S. Medical and statistical indicators of morbidity among categories of Russian Navy personnel (2003–2021) // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, No. 1. P. 58–75,

doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-58-75>; EDN: <https://elibrary.ru/ZHYNJU>

© 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>

MEDICAL AND STATISTICAL INDICATORS OF MORBIDITY AMONG CATEGORIES OF RUSSIAN NAVY PERSONNEL (2003–2021)

¹Igor G. Mosyagin, ²Vladimir I. Evdokimov*, ³Mikhail S. Pluzhnik

¹Medical Service of the Main Command of the Navy of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

²Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia, St. Petersburg, Russia

³Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

OBJECTIVE. To assess the long-term dynamics of medical and statistical indicators of morbidity among the personnel of the Russian Navy, which will make it possible to specify the forces and means for medical support of servicemen categories in peacetime.

MATERIALS AND METHODS. There has been statistical analysis of the data of medical reports on the health status of personnel and the activity of the medical service in the form 3/MED of military units where at least 70% of the total number of servicemen of the Russian Navy served from 2003 to 2021. The data on health status were calculated per 1000 servicemen, or in ‰, mortality rate – per 100 thousand servicemen per year. The text presents arithmetic averages and their errors ($M \pm m$).

RESULTS. The average annual level of total morbidity of the personnel of the Russian Navy was 1186.9 ‰, the share of morbidity of officers and midshipmen was 27.4 ‰, sailors and petty officers of contract service – 17.2 ‰, female servicemen – 6.3 ‰, conscripts – 49.1 ‰, primary morbidity – 571.9 ‰ and 21.6, 17.8, 4.8 and 55.8 % respectively, hospitalization – 462.3 ‰ and 16.9, 11.7, 3.5 and 67.9 % respectively, discharge rate – 18.24 ‰ and 27.6, 9.2, 5.3 and 57.9 % respectively, mortality – 69.56×10^{-5} and 49.8, 33.7, 4.1 and 12.4 % respectively. The most pronounced levels of registered types of morbidity were found in conscript and female militaries. A significant share of morbidity among conscripts is a consequence of the weakening of the barrier functions of draft commissions of military enlistment offices.

CONCLUSION. Emphasizing the prevention of nosologies in conscripts can significantly reduce the morbidity of Russian Navy personnel. Analyzing the long-term dynamics and structure of morbidity in various categories of the Russian Navy personnel makes it possible to clarify the forces and means for medical support of military personnel.

KEYWORDS: marine medicine, servicemen, officers, sailors, female servicemen, morbidity, hospitalization, labor losses, discharge, mortality, Navy

Введение. В научной литературе подробно описано влияние профессиональной деятельности на состояние здоровья разных категорий личного состава Военно-Морского Флота (ВМФ) России [1, 2]. Автономные условия выполнения боевых задач формируют повышенные требования к состоянию здоровья офицеров и мичманов, матросов и старшин, проходящих военную службу по контракту¹ [3, 4].

Медико-статистические показатели заболеваемости военнослужащих ВМФ России представлены в научных статьях и монографиях серии «Заболеваемость военнослужащих» [5–8], в то же время сравнительный анализ заболеваемости различных категорий военнослужащих не проведен.

Цель. Оценить многолетнюю динамику медико-статистических показателей заболеваемости личного состава ВМФ России, что позволит

уточнить силы и средства для медицинского обеспечения категорий военнослужащих на мирное время.

Материалы и методы. Провели статистический анализ данных медицинских отчетов о состоянии здоровья личного состава и деятельности медицинской службы по форме 3/МЕД воинских частей, в которых проходили службу не менее 70 % от общего числа военнослужащих ВМФ России с 2003 по 2021 г. Понятийный аппарат военно-медицинской отчетности (на мирное время) определялся руководящими документами Минобороны России² [9].

Данные заболеваемости рассчитаны на 1 тыс. или в ‰ смертности военнослужащих – на 100 тыс. военнослужащих в год. Была оценена доля случаев нозологий у военнослужащих ВМФ России от общей структуры показателей болезней когорты Минобороны России [10].

¹Винокуров В. Л. Социально-гигиенические аспекты состояния здоровья военнослужащих Черноморского флота РФ, проходящих службу по контракту, и пути профилактики его нарушений: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Курск, 2004. 16 с.

²Указания по ведению медицинского учета и отчетности в Вооруженных силах Российской Федерации на мирное время: утв. нач. Гл. воен.-мед. упр. Минобороны РФ. М.: ГВКГ им. Н. Н. Бурденко, 2001. 40 с.

Результаты проверены на нормальность распределения признаков по критерию Колмогорова–Смирнова. Некоторые специалисты по организации здравоохранения не рекомендуют высчитывать средние данные с доверительными границами у частотных показателей. Однако без них бывает невозможно определить значимость сходства (различия) когорт, абсолютные сведения о которых нежелательно представлять в открытой печати, например, о военнослужащих. В тексте указан среднегодовалый уровень, рассчитанный по сумме абсолютных показателей за 19 лет, и среднегодовой – по годовым уровням заболеваемости в виде средних арифметических данных и их ошибок ($M \pm m$).

Развитие показателей заболеваемости военнослужащих ВМФ России оценивали с помощью анализа динамических рядов и расчета полиномиального тренда второго порядка. Коэффициент детерминации (R^2) показывал связь исследуемых данных с построенной кривой (трендом). Чем больше был R^2 (максимально 1,0), тем более объективно был построен тренд. Показатель 0,5 принят пороговым – при меньших значениях указывалось о тенденциях к изменениям. Значок $\uparrow$ в таблице демонстрировал тенденцию к увеличению данных, $\downarrow$ – уменьшения, $\rightarrow$ – малоизменяемости (стабильности), $\cup$ – U-кривую, $\cap$ – инвертируемую U-кривую. Иногда правый край тренда был больше (меньше) левого, в этом случае к U-кривой добавляли знаки ($\uparrow\downarrow$). Согласованность (конгруэнтность) кривых определяли по коэффициенту корреляции (r) Пирсона [11].

Результаты. Общая заболеваемость. Среднегодовалый уровень общей заболеваемости личного состава ВМФ России был 1186,9 ‰, среднегодовой – $1181,8 \pm 45,6$ ‰. Доля заболеваемости составила 13,7 % от всех случаев общей заболеваемости военнослужащих Минобороны России при показателях – 1270,9 ‰ и $1266,4 \pm 54,5$ ‰ соответственно.

На рис. 1, А дана динамика общей заболеваемости личного состава ВМФ России и Минобороны России. При высоких коэффициентах детерминации полиномиальные тренды показывают уменьшение данных. Конгруэнтность трендов сильная, положительная и статистически достоверная ($r = 0,637$; $p < 0,01$), что может говорить о влиянии на их развитие одинаковых (однако направленных) факторов, например, во-

енно-профессиональных. При низком коэффициенте детерминации полиномиальный тренд динамики доли случаев общей заболеваемости личного состава ВМФ России в структуре заболеваемости военнослужащих Минобороны России демонстрирует тенденцию к увеличению показателей (рис. 1, Б).

Обобщенные показатели заболеваемости у категорий личного состава ВМФ России представлены в табл. 1, расположение средних значений – на рис. 2, А. При разных по значимости коэффициентах детерминации отмечается динамика уменьшения общей заболеваемости у категорий военнослужащих, за исключением военнослужащих женского пола, у которых динамика оказалась малоизменяемой. Наиболее выраженные показатели общей заболеваемости были у военнослужащих по призыву и военнослужащих женского пола. При сравнении с офицерами и мичманами, матросами и старшинами контрактной службы у военнослужащих по призыву среднегодовалый уровень оказался больше в 1,8 раза ($p < 0,001$) и 2,1 раза ($p < 0,001$) соответственно, у военнослужащих женского пола – в 1,6 и 1,8 раза ($p < 0,001$ для обеих категорий) соответственно. Уровень общей заболеваемости военнослужащих по призыву был также больше в 1,14 раза ($p < 0,03$) при сравнении с военнослужащими женского пола (см. табл. 1).

В структуре общей заболеваемости личного состава ВМФ России случаи нозологий у офицеров и мичманов составили 27,4 %, у матросов и старшин контрактной службы – 17,2 %, у военнослужащих женского пола – 6,3 %, у военнослужащих по призыву – 49,1 % (рис. 2, Б). В динамике отмечается уменьшение долей общей заболеваемости военнослужащих женского пола, военнослужащих по призыву, увеличение доли – у матросов и старшин контрактной службы, относительная малоизменяемость доли – у офицеров и мичманов (см. рис. 2, Б).

Первичная заболеваемость. Среднегодовалый уровень первичной заболеваемости личного состава ВМФ России был 571,9 ‰, среднегодовой – $577,2 \pm 12,3$ ‰. Доля заболеваемости составила 12,2 % от всех случаев первичной заболеваемости военнослужащих Минобороны России при показателях – 687,7 ‰ и $705,4 \pm 30,3$ ‰ соответственно.

Динамика первичной заболеваемости личного состава ВМФ России и Минобороны России показана на рис. 3, А. При разных по значимости

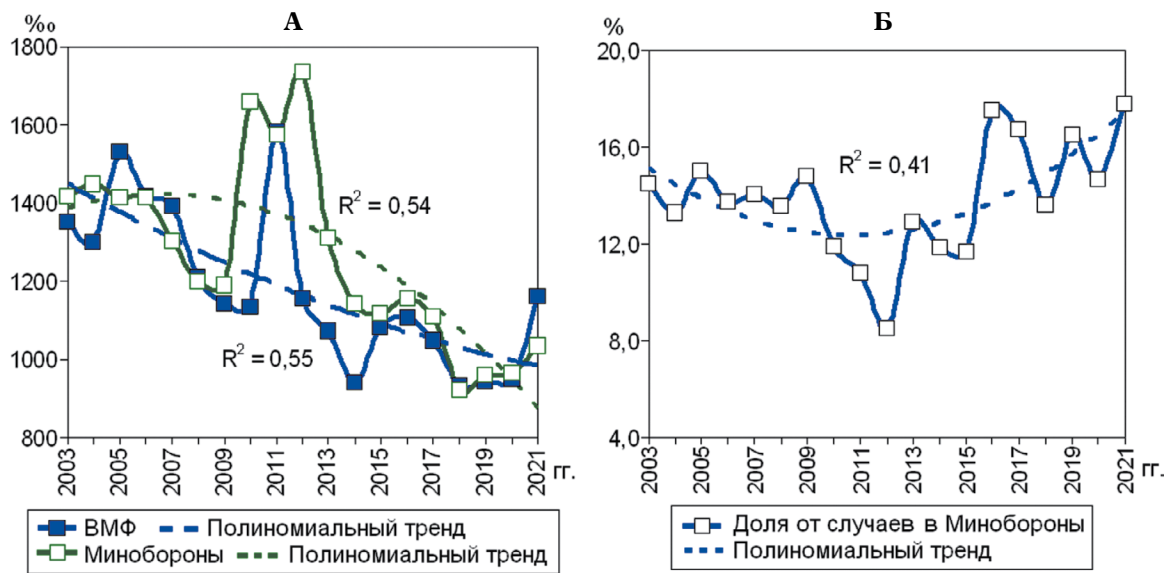


Рис. 1. Уровень общей заболеваемости личного состава ВМФ России и Минобороны России (А); динамика доли случаев у личного состава ВМФ России от структуры всей общей заболеваемости военнослужащих Минобороны России (Б)

Fig. 1. The level of general morbidity of the personnel of the Russian Navy and the Ministry of Defense of Russia (A); dynamics of the share of cases in the personnel of the Russian Navy according to the structure of the total general morbidity of military personnel of the Ministry of Defense of Russia (B)

Таблица 1

Показатели общей заболеваемости у категорий личного состава ВМФ России (2003–2021 гг.)

Table 1

Indicators general morbidity for personnel of the Russian Navy (2003–2021)					
Категория военнослужащих	Средне-многолетний уровень, ‰	Доля от когорты ВМФ, %	R^2	Динамика	Среднегодовой уровень ($M \pm m$), ‰
1. Офицеры, мичманы	939,3	27,4	0,45	↘	$911,3 \pm 34,3$
2. Матросы, старшины	809,4	17,2	0,83	↘	$854,9 \pm 55,5$
3. Военнослужащие-женщины	1458,4	6,3	0,04	→	$1469,6 \pm 52,7$
4. Военнослужащие по призыву	1663,9	49,1	0,30	↓	$1661,9 \pm 64,7$
					p
					1–3 < 0,001
					1–4 < 0,001
					2–3 < 0,001
					2–4 < 0,001
					3–4 < 0,03

коэффициентах детерминации полиномиальные тренды первичной заболеваемости напоминают тенденцию инвертированной U-кривой, при том что начальные показатели в 2003 г. были меньше, чем в последний период наблюдения. Конгруэнтность трендов – умеренная, положительная и приближается к статистически достоверной ($r = 0,429$; $p < 0,1$), что может говорить о влиянии на их развитие одинаковых (однаправленных) факторов, но не в полной

мере определяющих их значение для первичной заболеваемости.

При низком коэффициенте детерминации полиномиальный тренд динамики доли случаев первичной заболеваемости личного состава ВМФ России в структуре всей первичной заболеваемости военнослужащих Минобороны России напоминает U-кривую (рис. 3, Б).

Обобщенные показатели первичной заболеваемости у категорий личного состава ВМФ

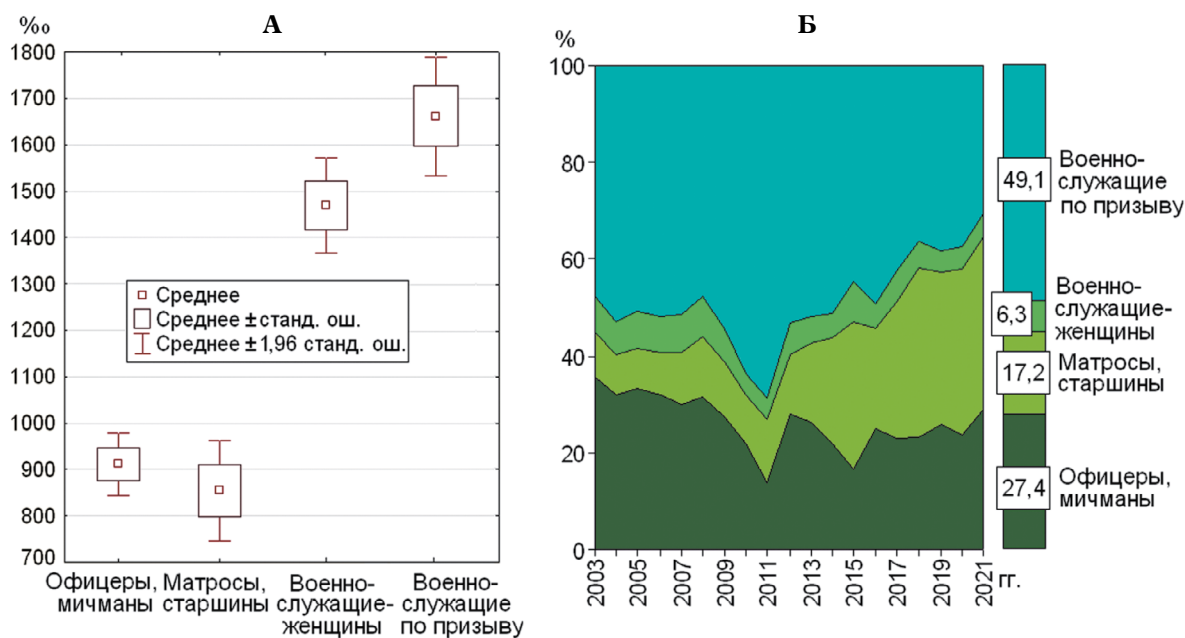


Рис. 2. Средние значения общей заболеваемости (А) и динамика долей (Б) у категорий личного состава ВМФ России

Fig. 2. Average values of general morbidity (A) and dynamics of shares (Б) in categories of personnel of the Russian Navy

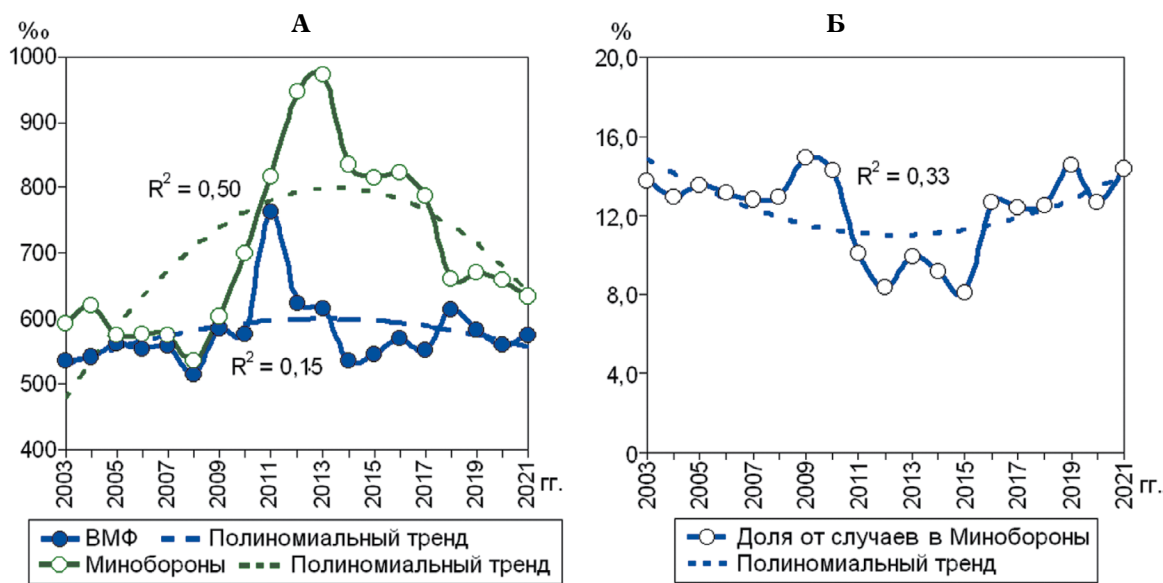


Рис. 3. Уровень первичной заболеваемости личного состава ВМФ России и Минобороны России (А); динамика доли случаев у личного состава ВМФ России от структуры всей первичной заболеваемости военнослужащих Минобороны России (Б)

Fig. 3. The level of primary morbidity of the personnel of the Russian Navy and the Ministry of Defense of Russia (A); dynamics of the share of cases in the personnel of the Russian Navy according to the structure of the total primary morbidity of military personnel of the Ministry of Defense of Russia (Б)

России представлены в табл. 2, расположение средних значений – на рис. 4, А. Наиболее выраженные показатели первичной заболеваемости были у военнослужащих по призыву и военнослужащих женского пола. При разных по значимости коэффициентах детерминации отмечена динамика увеличения уровней первичной заболеваемости у категорий военнослужащих. При сравнении с офицерами и мичманами, матросами и старшинами контрактной

службы у военнослужащих по призыву среднемноголетний уровень оказался больше в 2,5 раза ($p < 0,001$) и 2,3 раза ($p < 0,001$) соответственно, у военнослужащих женского пола – в 1,5 и 1,3 раза ($p < 0,001$ для обеих категорий) соответственно. Уровень первичной заболеваемости у военнослужащих по призыву был также больше в 1,7 раза ($p < 0,001$) при сравнении с военнослужащими женского пола (см. табл. 2).

В структуре первичной заболеваемости личного состава ВМФ России случаи нозологий у офицеров и мичманов составили 21,6 %, матросов и старшин контрактной службы – 17,8 %, военнослужащих женского пола – 4,8 %, военнослужащих по призыву – 55,8 % (рис. 4, Б). В динамике отмечается уменьшение долей первичной заболеваемости военнослужащих женского пола и военнослужащих по призыву

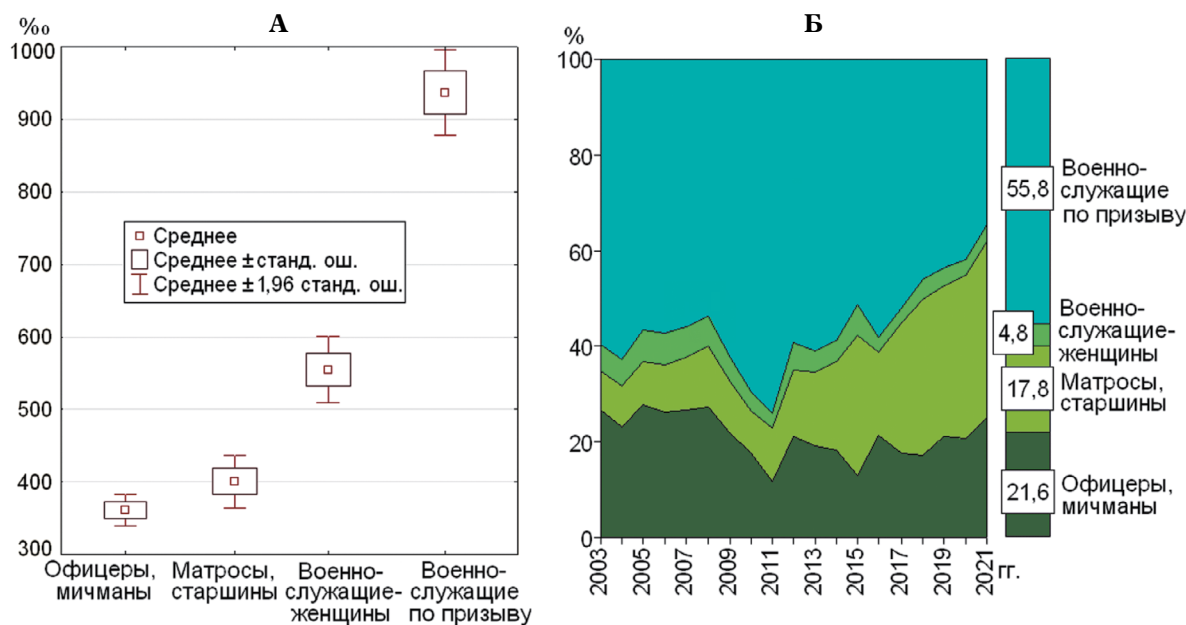


Рис. 4. Средние значения первичной заболеваемости (А) и динамика долей (Б) у категорий личного состава ВМФ России

Fig. 4. Average values of primary morbidity (A) and dynamics of shares (B) in categories of personnel of the Russian Navy

Показатели первичной заболеваемости у категорий личного состава ВМФ России (2003–2021 гг.)

Table 2

Indicators of primary morbidity among the categories of personnel of the Russian Navy (2003-2021)					
Категория военнослужащих	Средне-многолетний уровень, ‰	Доля от когорты ВМФ, %	R ²	Динамика	Среднегодовой уровень (M ± m), ‰
1. Офицеры, мичманы	358,0	21,6	0,24	↑	361,3 ± 11,1
2. Матросы, старшины	403,4	17,8	0,78	U	400,5 ± 18,4
3. Военнослужащие-женщины	531,1	4,8	0,19	∩↑	553,8 ± 23,0
4. Военнослужащие по призыву	910,6	55,8	0,49	∩↑	936,9 ± 29,9
					p
					1–3 < 0,001
					1–4 < 0,001
					2–3 < 0,001
					2–4 < 0,001
					3–4 < 0,001

ву, увеличение долей матросов и старшин контрактной службы. Вклад доли офицеров был минимальным в 2011–2015 гг., в последние годы отмечается его увеличение (см. рис. 4, Б).

Диспансерное наблюдение. Средненоголетний уровень нуждаемости в диспансерном наблюдении личного состава ВМФ России составил 137,4 ‰, среднегодовой – $138,4 \pm 9,8$ ‰. Доля диспансерного наблюдения была 17,8 % от всех случаев нуждаемости в нем военнослужащих Минобороны России при показателях – 113,2 ‰ и $112,1 \pm 5,5$ ‰ соответственно. Уместно указать, что в ВМФ России выявлен более высокий уровень постановки на диспансерный учет военнослужащих по сравнению со всеми военнослужащими Минобороны России.

На рис. 5, А показана динамика нуждаемости в диспансерном наблюдении личного состава ВМФ России и Минобороны России. При разных по значимости коэффициентах детерминации полиномиальные тренды показывают уменьшение данных. Конгруэнтность трендов умеренная, положительная и статистически незначимая ($r = 0,384$; $p < 0,1$). Полиномиальный тренд динамики доли военнослужащих ВМФ России с нозологиями, обусловившими нуждаемость в диспансерном наблюдении, в структуре Минобороны России при очень

низком коэффициенте детерминации демонстрирует тенденцию к увеличению показателей (рис. 5, Б).

Обобщенные показатели нуждаемости в диспансерном наблюдении (II–III группа состояния здоровья) у категорий личного состава ВМФ России представлены в табл. 3, расположение средних значений – на рис. 6, А. При низких коэффициентах детерминации выявлено уменьшение уровней диспансерного наблюдения военнослужащих всех категорий. Наиболее выраженные показатели нуждаемости в диспансерном наблюдении были у военнослужащих женского пола. При сравнении с офицерами и мичманами, матросами и старшинами контрактной службы и военнослужащими по призыву у военнослужащих-женщин средненоголетний уровень оказался больше в 1,6, 2,9 и 1,7 раза соответственно ($p < 0,001$ для всех трех категорий).

В структуре личного состава ВМФ России случаи нозологий, обусловивших нуждаемость в диспансерном наблюдении, у офицеров и мичманов составили 38,7 %, матросов и старшин контрактной службы – 15,5 %, военнослужащих женского пола – 9 %, военнослужащих по призыву – 36,8 % (рис. 6, Б). В динамике отмечается уменьшение долей диспансерного

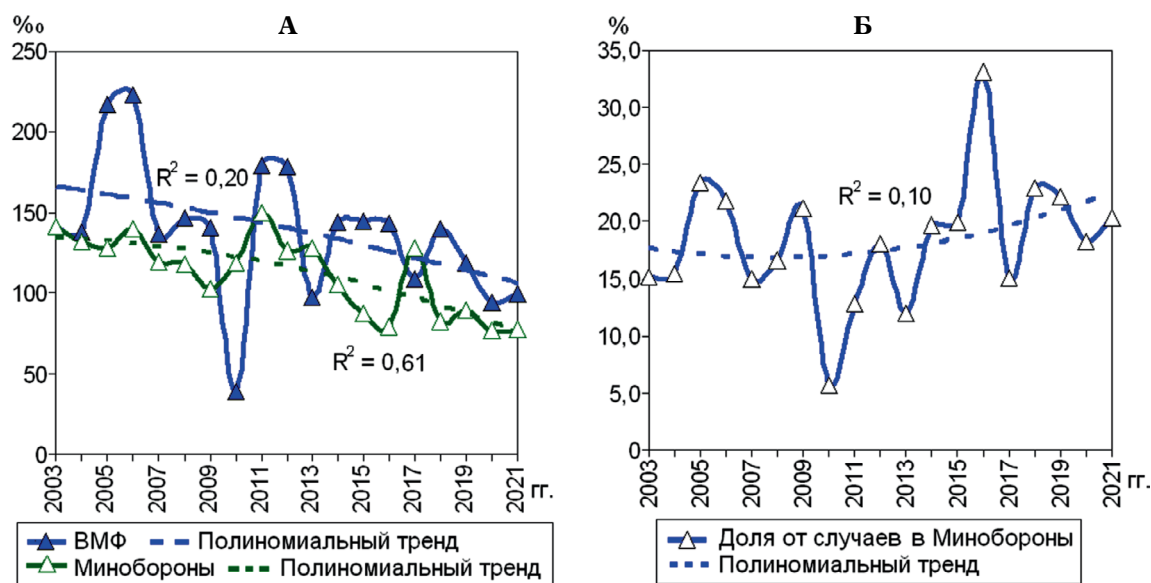


Рис. 5. Уровень нуждаемости в диспансерном наблюдении личного состава ВМФ России и Минобороны России (А); динамика доли случаев у личного состава ВМФ России от структуры всего диспансерного наблюдения военнослужащих Минобороны России (Б)

Fig. 5. The level of need for dispensary observation of the personnel of the Russian Navy and the Russian Ministry of Defense (A), the dynamics of the share of cases among the personnel of the Russian Navy from the structure of all dispensary observation of the military personnel of the Russian Ministry of Defense (B).

Таблица 3

Показатели нуждаемости в диспансерном наблюдении у категорий личного состава
ВМФ России (2003–2021 гг.)

Table 3

Indicators of the need for dispensary observation among categories of personnel
Russian Navy (2003–2021)

Категория военнослужащих	Средне-многолетний уровень, ‰	Доля от когорты ВМФ, %	R ²	Динамика	Среднегодовой уровень (M ± m), ‰
Офицеры, мичманы	153,9	38,7	0,30	↓	147,7 ± 8,0
Матросы, старшины	84,1	15,5	0,48	U↓	90,7 ± 8,4
Военнослужащие-женщины	241,5	9,0	0,24	∩↓	240,0 ± 17,2
Военнослужащие по призыву	144,4	36,8	0,10	∩↓	153,3 ± 16,0
					p
					1–2 < 0,001
					1–3 < 0,001
					2–3 < 0,001
					2–4 < 0,001
					3–4 < 0,001

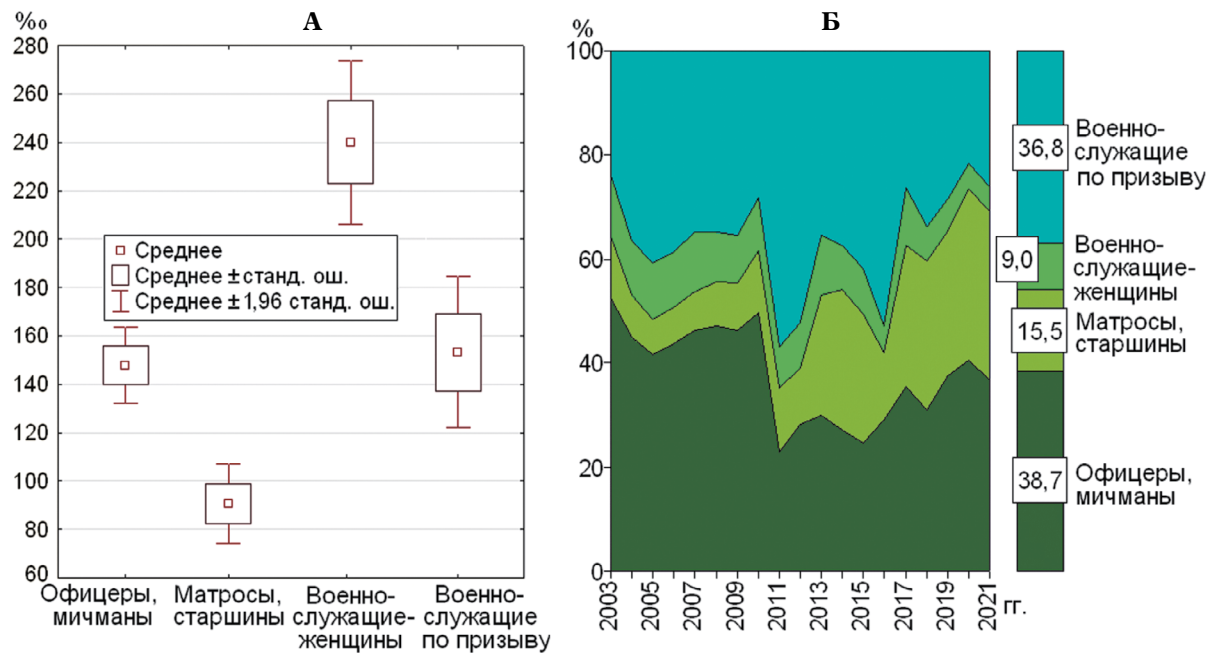


Рис. 6. Средние значения нуждаемости в диспансерном наблюдении (А) и динамика долей (Б) у категорий личного состава ВМФ России

Fig. 6. Average values of the need for dispensary supervision (A) and share dynamics (B) among categories of personnel of the Russian Navy

наблюдения военнослужащих женского пола и военнослужащих по призыву, увеличение долей матросов и старшин контрактной службы. Вклад доли офицеров был минимальным в 2011–2015 гг., в последние годы отмечается его увеличение (см. рис. 6, Б).

Госпитализация. Среднемноголетний уровень госпитализации личного состава ВМФ России составил 462,3 ‰, среднегодовой – 470,9 ± 17,2 ‰ (табл. 3). Доля госпитализации составила 13,2 % от всех случаев стационарного лечения военнослужащих Минобороны Рос-

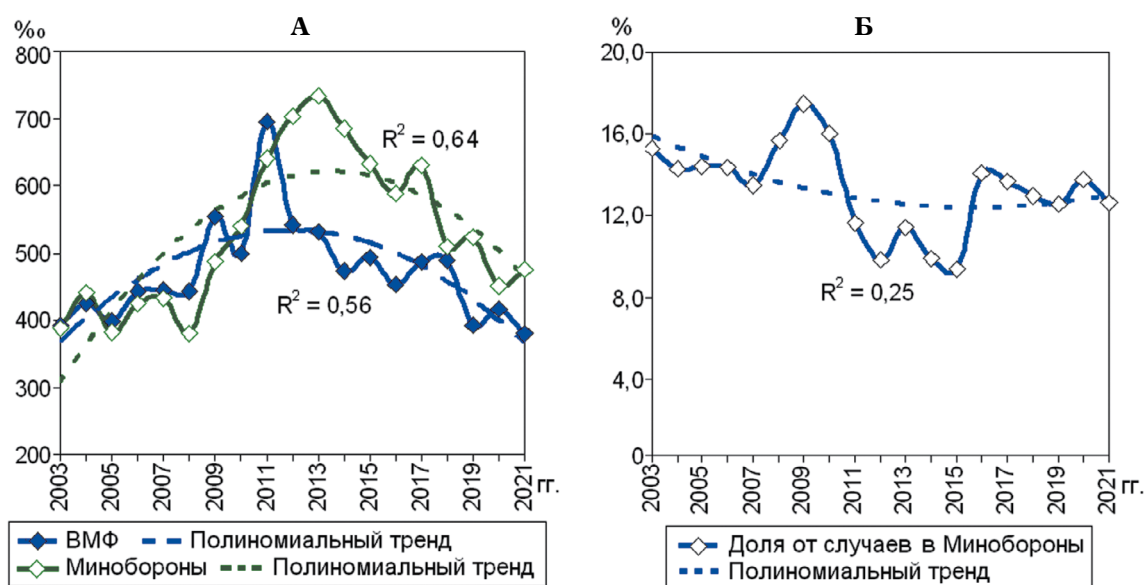


Рис. 7. Уровень госпитализации личного состава ВМФ России и Минобороны России (А); динамика доли случаев у личного состава ВМФ России от структуры всей госпитализации военнослужащих Минобороны России (Б)

Fig. 7. The level of hospitalization of personnel of the Russian Navy and the Russian Ministry of Defense (А), the dynamics of the share of cases among personnel of the Russian Navy from the structure of all hospitalizations of military personnel of the Russian Ministry of Defense (Б)

сии при показателях – 513 ‰ и $528,7 \pm 26,3$ ‰ соответственно.

Полиномиальные тренды уровней госпитализации личного состава в ВМФ России и Минобороны России при высоких коэффициентах детерминации напоминают инвертированные U-кривые с уменьшением данных в последний период наблюдения (рис. 7, А). Конгруэнтность трендов умеренная, положительная и статистически достоверная ($r = 0,611$; $p < 0,01$), что может говорить о влиянии на их развитие одинаковых (однонаправленных) факторов.

При низком коэффициенте детерминации полиномиальный тренд доли госпитализации личного состава ВМФ России от всех случаев стационарного лечения военнослужащих Минобороны России показывает уменьшение данных (рис. 7, Б).

Обобщенные показатели госпитализации у категорий личного состава ВМФ России представлены в табл. 4, расположение средних значений – на рис. 8, А. При разных по значимости коэффициентах детерминации у всех военнослужащих выявлено увеличение уровней госпитализации, за исключением офицеров, у которых отмечается динамика уменьшения показателей. Наиболее выраженные данные о госпитализации были у военнослужащих по призыву

и военнослужащих-женщин. При сравнении с офицерами и мичманами, матросами и старшинами контрактной службы у военнослужащих по призыву среднемноголетний уровень оказался больше в 4 и 4,2 раза соответственно (для обеих категорий – $p < 0,001$), у военнослужащих-женщин – в 1,4 и 1,5 раза соответственно ($p < 0,001$ для обеих категорий). Уровень госпитализации военнослужащих по призыву был в 2,5 раза ($p < 0,001$) больше, чем у военнослужащих-женщин (см. табл. 4).

В структуре госпитализации личного состава ВМФ России случаи нозологий у офицеров и мичманов составили 16,9 %, матросов и старшин контрактной службы – 11,7 %, военнослужащих женского пола – 3,5 %, военнослужащих по призыву – 67,9 % (рис. 8, Б). В динамике отмечается уменьшение долей госпитализации военнослужащих женского пола и военнослужащих по призыву, увеличение долей матросов и старшин контрактной службы. Вклад доли офицеров в последние годы – малоизменяемый (см. рис. 8, Б).

Трудопотери. Среднемноголетний уровень дней трудопотерь у личного состава ВМФ России был 7311,4 ‰, среднегодовой – $7416,1 \pm 247,2$ ‰. Доля дней трудопотерь составила 16 % от всех случаев трудопотерь

Таблица 4

Показатели госпитализации у категорий личного состава ВМФ России (2003–2021 гг.)

Table 4

Indicators of hospitalization among categories of Russian Navy personnel (2003–2021)

Категория военнослужащих	Средне-многолетний уровень, ‰	Доля от когорты ВМФ, %	R ²	Динамика	Среднегодовой уровень (M ± m), ‰
1. Офицеры, мичманы	225,9	16,9	0,28	∩	229,6 ± 9,9
2. Матросы, старшины	214,4	11,7	0,32	∪↑	211,2 ± 8,9
3. Военнослужащие-женщины	316,9	3,5	0,42	∩↑	342,5 ± 27,4
4. Военнослужащие по призыву	895,8	67,9	0,60	∩↑	935,1 ± 41,3
					p
					1–3 < 0,001
					1–4 < 0,001
					2–3 < 0,001
					2–4 < 0,001
					3–4 < 0,001

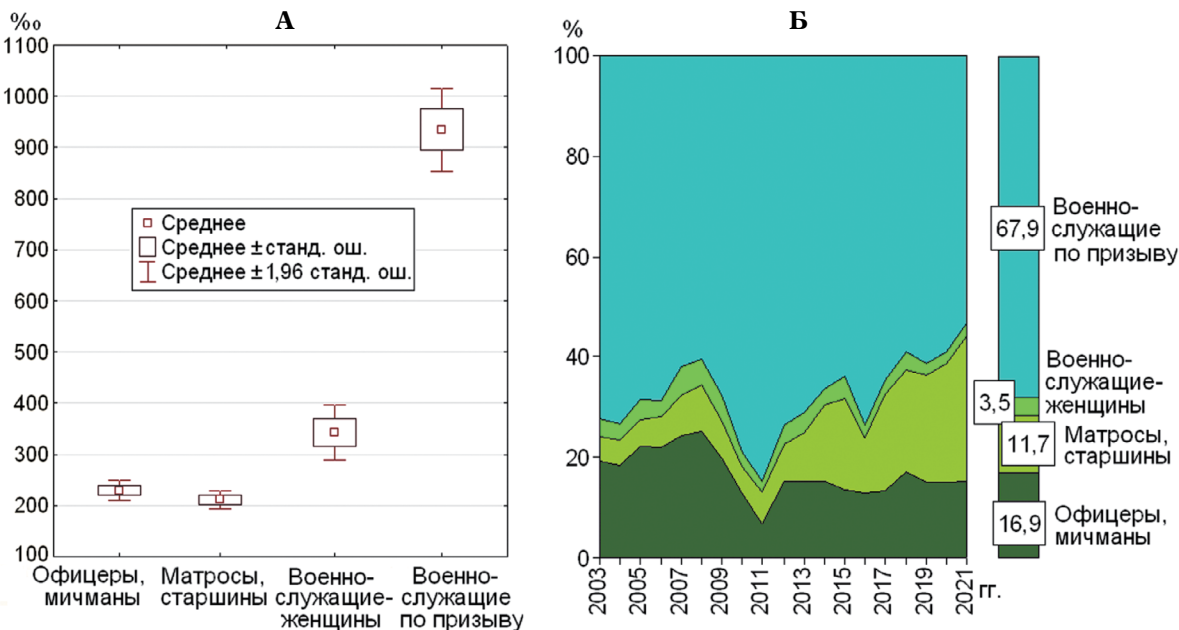


Рис. 8. Средние значения госпитализации (А) и динамика долей (Б) у категорий личного состава ВМФ России

Fig. 8. Average hospitalization values (A) and dynamics of shares (B) for categories of personnel of the Russian Navy

военнослужащих Минобороны России при показателях – 6727,1 ‰ и 6839,9 ± 226,4 ‰ соответственно. Трудопотери личного состава ВМФ России были больше на уровне тенденций.

Полиномиальные тренды уровней дней трудопотерь у личного состава в ВМФ России и Минобороны России при низких коэффициентах детерминации напоминают инвертированные U-кривые с уменьшением данных в последний период наблюдения (рис. 9, А). Конгруэнтность

трендов умеренная, положительная и статистически значимая ($r = 0,501$; $p < 0,05$), что может говорить о влиянии на их развитие одинаковых (однонаправленных) факторов.

При низком коэффициенте детерминации полиномиальный тренд доли дней трудопотерь у военнослужащих ВМФ России от случаев трудопотерь в Минобороны России напоминает U-кривую с тенденцией к увеличению данных в последний период наблюдения (рис. 9, Б).

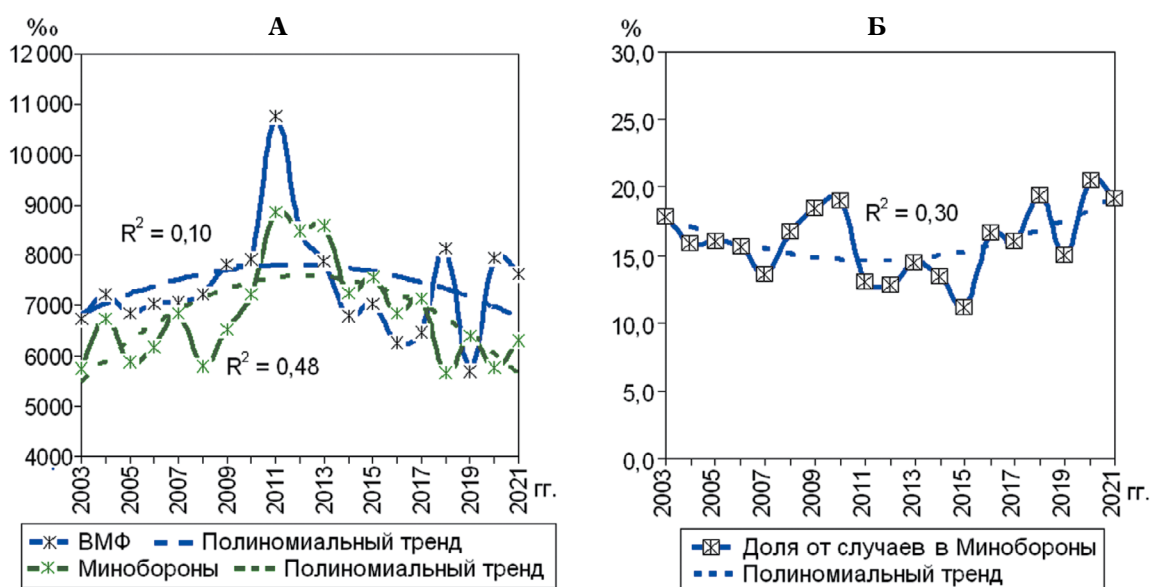


Рис. 9. Уровень дней трудопотерь личного состава ВМФ России и Минобороны России (А); динамика доли случаев у личного состава ВМФ России от структуры всех трудопотерь военнослужащих Минобороны России (Б)

Fig. 9. Level of days of work losses of personnel of the Russian Navy and the Russian Ministry of Defense (A), dynamics of the share of cases among personnel of the Russian Navy from the structure of all work losses of military personnel of the Russian Ministry of Defense (B)

Обобщенные показатели дней трудопотерь у категорий личного состава ВМФ России представлены в табл. 5, расположение средних значений – на рис. 10, А. При низком коэффициенте детерминации уровень дней трудопотерь у военнослужащих по призыву показывал тенденцию к увеличению, у остальных категорий – к уменьшению данных. Наиболее выраженные показатели трудопотерь были у военнослужащих по призыву и военнослужащих-женщин. При сравнении с офицерами и мичманами, матросами и старшинами контрактной службы у военнослужащих по призыву среднемноголетний уровень оказался больше в 2,5 и 3 раза соответственно ($p < 0,001$ для обеих категорий), у военнослужащих женского пола – в 1,5 и 1,8 раза соответственно ($p < 0,001$ для обеих категорий). Уровень дней трудопотерь у офицеров был больше в 1,2 раза, чем у матросов и старшин контрактной службы ($p < 0,002$), а у военнослужащих по призыву – больше в 1,7 раза ($p < 0,001$), чем у военнослужащих женского пола (см. табл. 5).

В структуре дней трудопотерь у личного состава ВМФ России случаи нозологий у офицеров составили 23,1 %, матросов и старшин контрактной службы – 13,9 %, военнослужащих женского пола – 5,1 %, военнослужащих

по призыву – 57,9 % (рис. 10, Б). В динамике отмечается уменьшение долей дней трудопотерь у военнослужащих женского пола и военнослужащих по призыву, увеличение долей матросов и старшин контрактной службы. Вклад доли офицеров в последние годы – малоизменяемый (см. рис. 10, Б).

Увольняемость. Среднемноголетний уровень увольняемости личного состава ВМФ России по состоянию здоровья составил 18,24 %, среднегодовой – $18,34 \pm 1,21$ %. Доля увольняемости была 22,7 % от всех случаев увольнений военнослужащих Минобороны России при показателях 11,81 % и $11,62 \pm 0,77$ % соответственно. Отмечается более выраженный уровень увольняемости в ВМФ России, что связано с высокими требованиями к состоянию здоровья морских специалистов, в том числе, с минимизацией вероятных рисков его ухудшения в дальних походах.

При разных по значимости коэффициентах детерминации полиномиальные тренды уровней увольняемости личного состава ВМФ России и Минобороны России показывают тенденции к уменьшению данных (рис. 1, А). Конгруэнтность трендов умеренная, положительная и статистически достоверная ($r = 0,468$; $p < 0,05$), что может говорить о влиянии

Таблица 5

Показатели дней трудопотерь у различных категорий личного состава ВМФ России (2003–2021 гг.)

Table 5

Indicators of lost workdays among personnel categories of the Russian Navy (2003–2021)					
Категория военнослужащих	Средне-многолетний уровень, ‰	Доля от когорты ВМФ, %	R ²	Динамика	Среднегодовой уровень, (M ± m) ‰
1. Офицеры, мичманы	4895,8	23,1	0,12	↓	4878,1 ± 168,4
2. Матросы, старшины	4007,7	13,9	0,41	U↓	4057,7 ± 171,3
3. Военнослужащие-женщины	7227,0	5,1	0,26	∩	7590,7 ± 429,1
4. Военнослужащие по призыву	12 092,5	57,9	0,38	↑	12 676,8 ± 652,7
					p
					1–2 < 0,002
					1–3 < 0,001
					1–4 < 0,001
					2–3 < 0,001
					2–4 < 0,001
					3–4 < 0,001

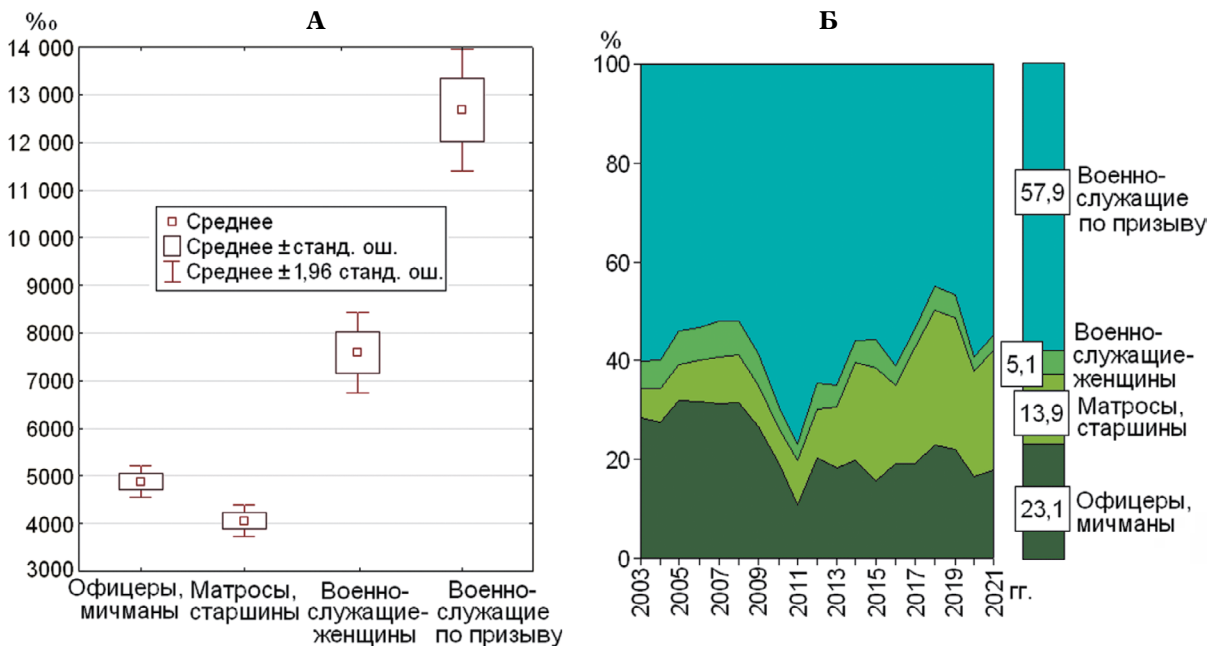


Рис. 10. Средние значения дней трудопотерь (А) и динамика долей (Б) у категорий личного состава ВМФ России

Fig. 10. Average values of days of work losses (A) and dynamics of shares (B) for categories of personnel of the Russian Navy

янии в их развитие одинаковых (однонаправленных) факторов, возможно, военно-профессиональных.

При низком коэффициенте детерминации полиномиальный тренд доли увольнений личного состава ВМФ России в структуре всех случаев увольнений по состоянию здоровья военнослужащих Минобороны России напоминает инвер-

тированную U-кривую с уменьшением данных в последний период наблюдения (рис. 11, Б).

Обобщенные показатели увольняемости у категорий военнослужащих ВМФ России представлены в табл. 6, расположение средних значений – на рис. 12, А. При разных по значимости коэффициентах детерминации полиномиальные тренды у всех категорий личного

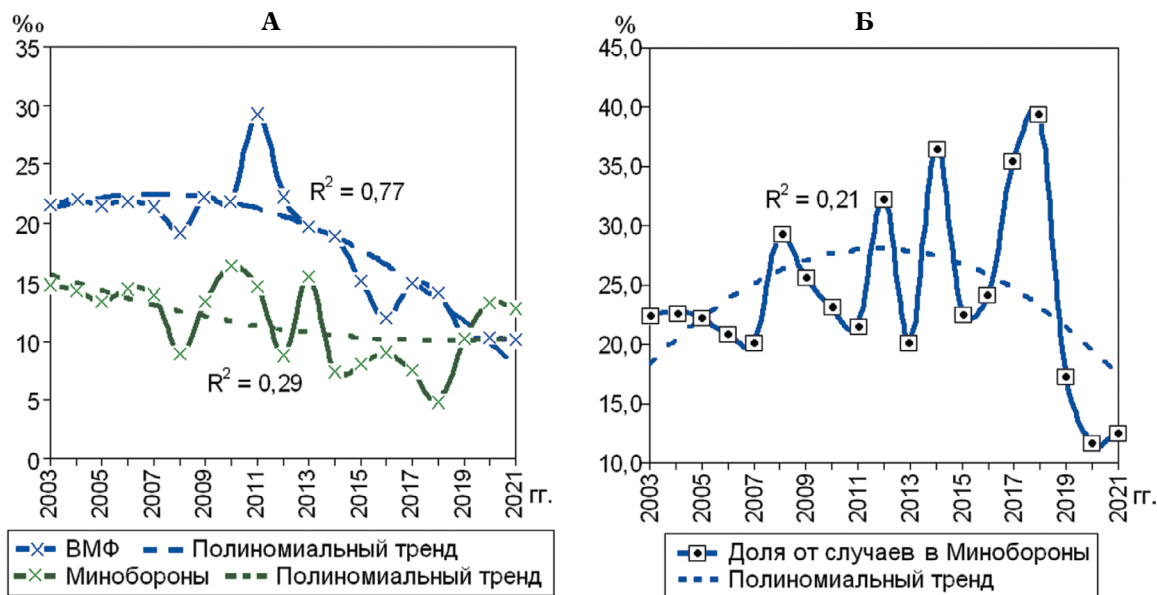


Рис. 11. Уровень увольняемости личного состава ВМФ России и Минобороны России (А); динамика доли случаев у личного состава ВМФ России от структуры всей увольняемости военнослужащих Минобороны России (Б)

Fig. 11. The level of dismissals of personnel of the Russian Navy and the Russian Ministry of Defense (A), the dynamics of the proportion of cases among personnel of the Russian Navy from the structure of the total dismissals of military personnel of the Russian Ministry of Defense (B)

Таблица 6

Показатели увольняемости у категорий личного состава ВМФ России (2003–2021 гг.)

Table 6

Dismissal rates for categories of personnel of the Russian Navy (2003–2021)

Категория военнослужащих	Средне- многолетний уровень, ‰	Доля от когорты ВМФ, %	R^2	Динамика	Среднегодовой уровень, ($M \pm m$) ‰
1. Офицеры, мичманы	14,56	27,6	0,70	∩↓	$14,27 \pm 1,44$
2. Матросы, старшины	6,67	9,2	0,05	∩	$6,78 \pm 0,53$
3. Военнослужащие-женщины	18,67	5,3	0,62	∩↓	$20,72 \pm 3,06$
4. Военнослужащие по призыву	30,18	57,9	0,23	↓	$30,22 \pm 1,47$
					p
					1–2 < 0,001
					1–4 < 0,001
					2–3 < 0,001
					2–4 < 0,001
					3–4 < 0,005

состава демонстрировали тенденции к уменьшению уровня увольняемости в последний период наблюдения. Наиболее выраженные показатели увольняемости были у военнослужащих по призыву и военнослужащих-женщин. При сравнении с офицерами и мичманами, матросами и старшинами контрактной службы у военнослужащих по призыву среднечис-

исловый уровень оказался больше в 2,1 и 4,5 раза ($p < 0,001$ для обеих когорт) соответственно, у военнослужащих женского пола – в 1,3 и 2,8 раза соответственно ($p < 0,001$ для матросов и старшин контрактной службы). Уровень увольняемости офицеров был в 2,2 раза больше, чем у матросов и старшин контрактной службы ($p < 0,001$) а у военнослужащих по призыву –

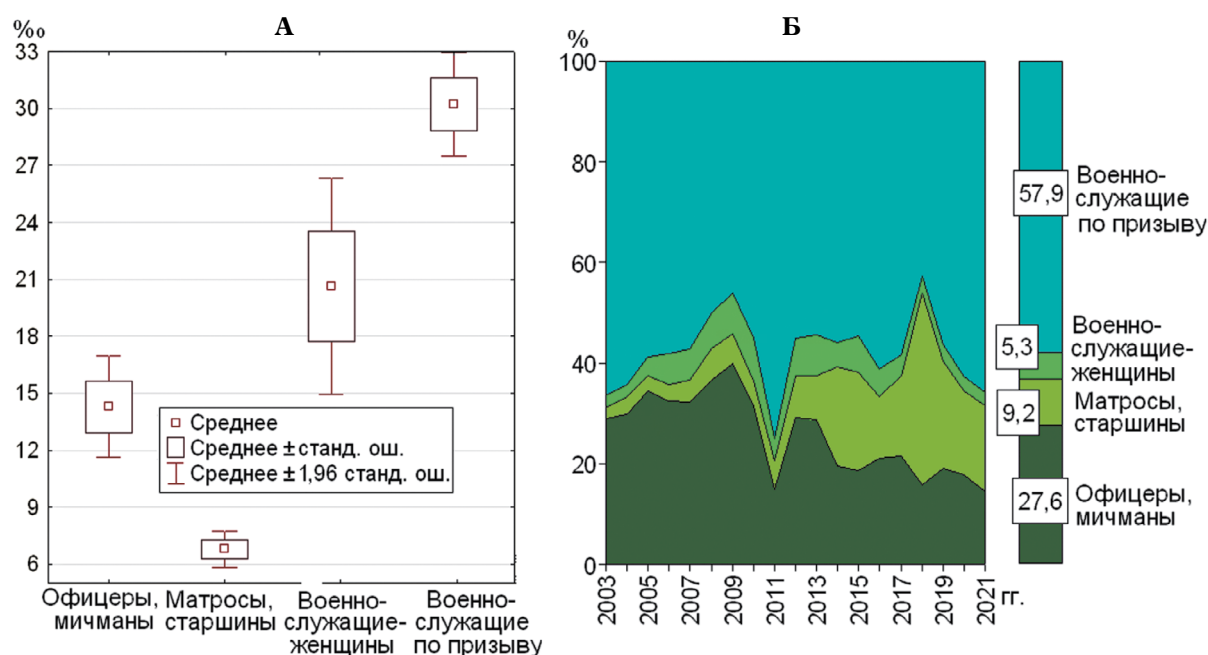


Рис. 12. Средние значения увольняемости (А) и динамика долей (Б) у категорий личного состава ВМФ России

Fig. 12. Average dismissal rates (A) and dynamics of shares (B) by categories of personnel of the Russian Navy

больше в 1,6 раза ($p < 0,005$), чем у военнослужащих-женщин (см. табл. 6).

В структуре увольняемости когорты ВМФ России случаи нозологий у офицеров составили 27,6 %, матросов и старшин контрактной службы – 9,2 %, военнослужащих женского пола – 5,3 %, военнослужащих по призыву – 57,9 % (рис. 12, Б). В динамике отмечается уменьшение долей увольняемости военнослужащих женского пола и по призыву, увеличение долей матросов и старшин контрактной службы. Вклад доли офицеров в последние годы – малоизменяемый (см. рис. 12, Б).

Значительная доля увольняемости военнослужащих по призыву из ВМФ России была обусловлена высокой выявляемостью нозологий, в том числе за счет компактного расположения частей ВМФ России и их приближенности к учреждениям, оказывающим специализированную медицинскую помощь. Необходимо также указать на слабость «барьерных функций» военных комиссариатов вследствие недооценки состояния психического здоровья у призывников военно-врачебными комиссиями. Например, среди нозологий, которые стали причинами дисквалификаций по состоянию здоровья военнослужащих по призыву, около 55 % составили психические расстройства (V класс по МКБ-10). При этом основные меро-

приятия психопрофилактической работы в войсках должны начинаться в период обучения военнослужащих в военно-учебных центрах [12].

Смертность. Среднемноголетний уровень смертности личного состава ВМФ России составил $69,56 \cdot 10^{-5}$, среднегодовой – $(68,60 \pm 3,81) \cdot 10^{-5}$. Доля смертности была 12,7 % от всех случаев смертей военнослужащих Минобороны России при показателях $80,41 \cdot 10^{-5}$ и $(77,72 \pm 4,73) \cdot 10^{-5}$ соответственно. Уместно указать, что уровень смертности личного состава ВМФ России был значительно меньше, чем во всей когорте военнослужащих Минобороны России.

При очень высоких коэффициентах детерминации полиномиальные тренды уровней смертности личного состава ВМФ России и Минобороны России показывают уменьшение данных (рис. 13, А). Конгруэнтность трендов сильная, положительная и статистически достоверная ($r = 0,858$; $p < 0,001$), что может говорить о влиянии на их развитие одинаковых (однонаправленных) факторов, возможно, военно-профессиональных.

При низком коэффициенте детерминации полиномиальный тренд доли смертности личного состава ВМФ России в структуре всех случаев смертей военнослужащих Минобороны России показывает тенденцию к незначительному увеличению данных (рис. 13, Б).

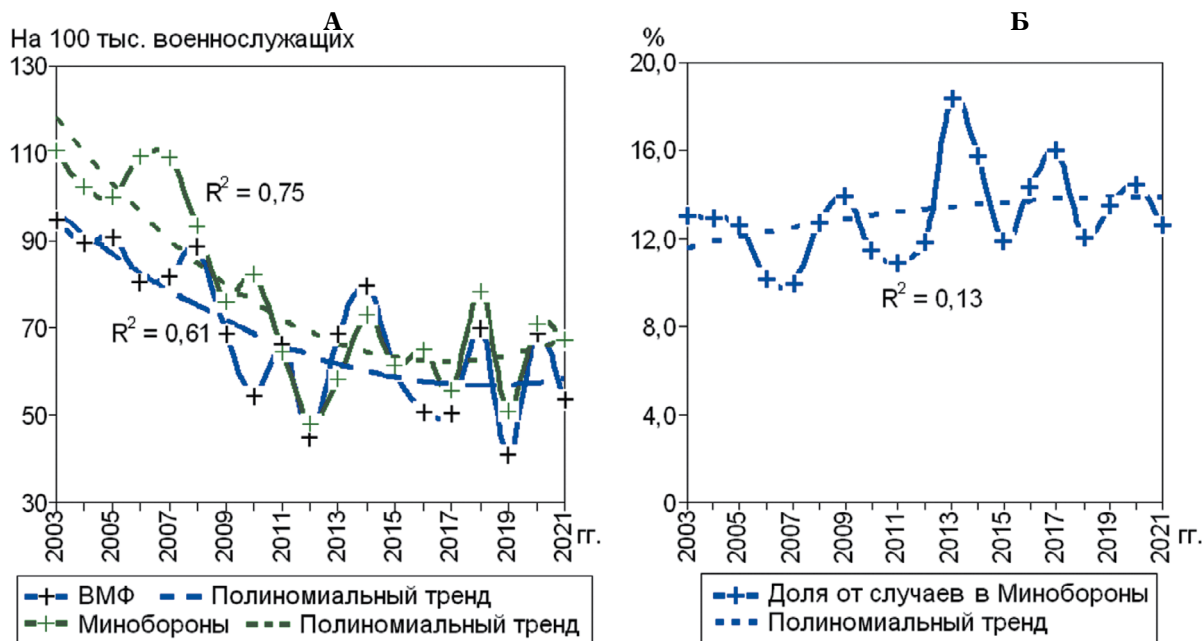


Рис. 13. Уровень смертности личного состава ВМФ России и Минобороны России (А), динамика доли случаев у личного состава ВМФ России от структуры всех смертей военнослужащих Минобороны России (Б)

Fig. 13. Mortality rate of personnel of the Russian Navy and the Russian Ministry of Defense (A), dynamics of the share of cases among personnel of the Russian Navy from the structure of all deaths of military personnel of the Russian Ministry of Defense (B)

Таблица 7

Показатели смертности у категорий личного состава ВМФ России (2003–2021 гг.)

Table 7

Mortality rates among the categories of personnel of the Russian Navy (2003-2021)

Категория военнослужащих	Средне-многолетний уровень, 10^{-5}	Доля от когорты ВМФ, %	R^2	Динамика	Среднегодовой уровень, $(M \pm m) \cdot 10^{-5}$
Офицеры, мичманы	100,09	49,8	0,29	↓	$97,79 \pm 5,57$
Матросы, старшины	92,83	33,7	0,67	↓	$105,61 \pm 9,19$
Военнослужащие-женщины	55,47	4,1	0,17	∩↓	$55,55 \pm 7,52$
Военнослужащие по призыву	24,69	12,4	0,84	∪↓	$20,80 \pm 4,59$
					<i>p</i>
					1–3 < 0,001
					1–4 < 0,001
					2–3 < 0,001
					2–4 < 0,001
					3–4 < 0,005

Обобщенные показатели смертности личного состава ВМФ России представлены в табл. 7, расположение средних значений – на рис. 14, А. Отмечается тенденция к уменьшению уровня смертности у всех категорий. Наиболее выраженный показатель смертности был у офицеров и мичманов, матросов

и старшин контрактной службы. Среди всех категорий военнослужащих они выполняли наиболее ответственные задачи экстремальной деятельности.

В структуре смертности личного состава ВМФ России случаи нозологий у офицеров составили 49,8 %, матросов и старшин контрактной служ-

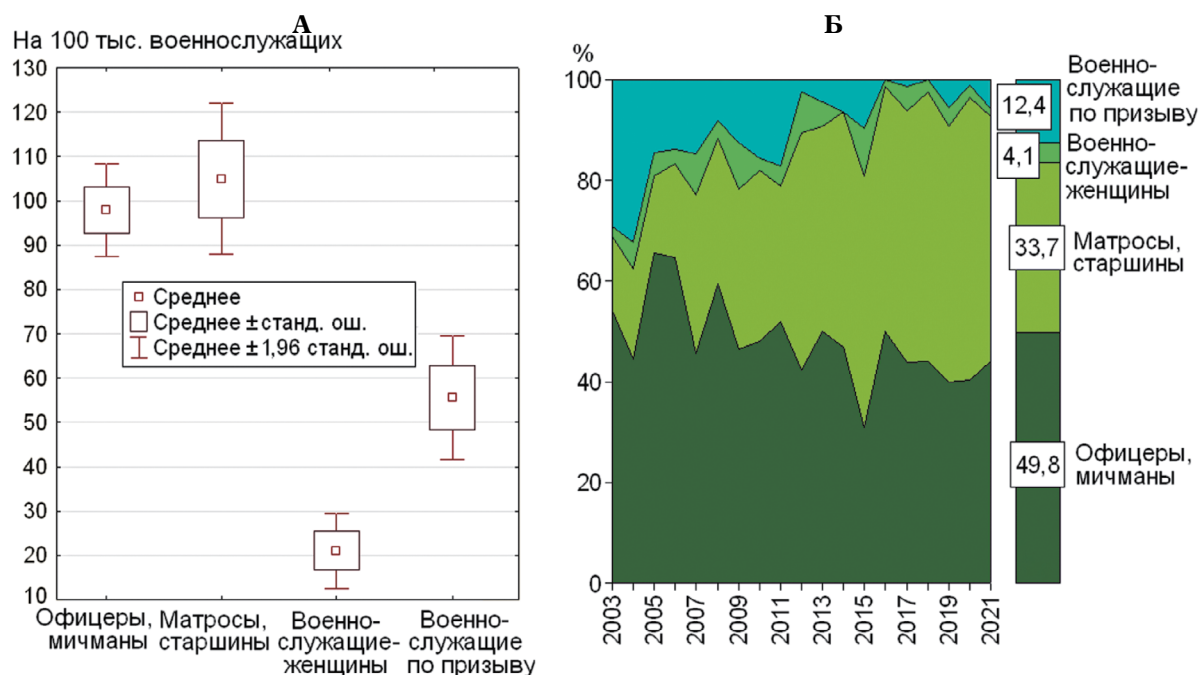


Рис. 14. Средние значения смертности (А) и динамика долей (Б) у категорий личного состава ВМФ России
Fig. 14. Average mortality rates (А) and dynamics of shares (Б)
 for categories of personnel of the Russian Navy

бы – 33,7 %, военнослужащих женского пола – 4,1 %, военнослужащих по призыву – 12,4 % (см. 14, Б). В динамике отмечается уменьшение долей смертности военнослужащих женского пола и военнослужащих по призыву, увеличение долей матросов и старшин контрактной службы. Вклад доли офицеров в последние годы – малоизменяемый (см. рис. 14, Б).

Обсуждение. Среднемноголетний уровень общей заболеваемости личного состава ВМФ России был 1186,9 ‰, доля заболеваемости офицеров и мичманов составила 27,4 %, матросов и старшин контрактной службы – 17,2 %, военнослужащих женского пола – 6,3 %, военнослужащих по призыву – 49,1 %, первичной заболеваемости – 571,9 ‰ и 21,6, 17,8, 4,8 и 55,8 %, госпитализации – 462,3 ‰ и 16,9, 11,7, 3,5 и 67,9 %, дней трудопотерь – 7311,4 ‰ и 23,1,

13,9, 5,1 и 57,9 %, увольняемости – 18,24 ‰ и 27,6, 9,2, 5,3 и 57,9 %, смертности – $69,56 \cdot 10^{-5}$ и 49,8, 33,7, 4,1 и 12,4 % соответственно.

Наиболее выраженные уровни учетных видов заболеваемости выявлены у военнослужащих по призыву и военнослужащих женского пола. Значительная доля заболеваемости военнослужащих по призыву – следствие ослабления барьерных функций призывных комиссий военкоматов. Акцентирование внимания на профилактике нозологий у военнослужащих по призыву может существенно уменьшить заболеваемость личного состава ВМФ России.

Заключение. Многолетняя динамика и структура заболеваемости у различных категорий личного состава ВМФ России позволяет уточнить силы и средства для медицинского обеспечения военнослужащих.

Сведения об авторах:

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

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

Плужник Михаил Сергеевич – курсант VI курса факультета подготовки врачей для Военно-Морского Флота Российской Федерации, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 190044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0009-0002-0535-533X; e-mail: pluzhnikms@yandex.ru

Information about the authors:

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

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

Mikhail S. Pluzhnik – Sixth Year Cadet at the Faculty of Training of Doctors for the Navy, Military Medical Academy; 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0009-0002-0535-533X; e-mail: pluzhnikms@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 исследования – И. Г. Мосягин; анализ полученных данных, подготовка иллюстраций – В. И. Евдокимов; сбор первичных данных – М. С. Плужник; написание первого варианта статьи – В. И. Евдокимов, М. С. Плужник; редактирование окончательного варианта статьи – И. Г. Мосягин.

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: IGM aided in the research concept. VIE analysis of data, prepared illustrations. MSP provided collection of primary data. VIE, MSP – prepared the manuscript. IGM – 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: 21.02.2024

Принята к печати/Accepted: 15.03.2025

Опубликована/Published: 30.03.2025

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Мосягин И. Г. *Психофизиология адаптации военно-морских специалистов: монография*. Архангельск: Северный гос. мед. ун-т. 2009. 248 с. [Mosyagin I. G. *Psychophysiology of adaptation of naval specialists: monograph*. Arkhangelsk: North. State Med. University, 2009, 248 p. (In Russ.)].
2. *Становление и развитие отечественной военно-морской медицины* / под ред. Е. М. Иванова. Л.: Медицина, 1976. 400 с. [Formation and development of domestic naval medicine. Ed. E. M. Ivanov. Leningrad: Meditsina, 1976, 400 p. (In Russ.)].
3. Григорьев С. Г., Евдокимов В. И., Сивашченко П. П. Основные показатели состояния здоровья офицеров Военно-морского флота России в 2003–2015 гг. // *Морская медицина*. 2017. Т. 3, № 3. С. 32–42 [Grigor'ev S. G., Evdokimov V. I., Sivashchenko P. P. Basic health indicators of Russian naval officers in 2003–2015. *Marine medicine*, 2017, Vol. 3, No. 3, pp. 32–42 (In Russ.)] doi: 10.22328/2413-5747-2017-3-3-32-42.
4. Мызников И. Л., Милошевский А. В., Аскерко Н. В., и др. Состояние здоровья, заболеваемость и травматизм плавсостава Северного флота // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2013. Т. 47, № 2. С. 13–20 [Myznikov I. L., Miloshevsky A. V., Askerko N. V., et al. Health, morbidity and injury rate among the North fleet seafaring personnel. *Aerospace and environmental medicine*, 2013, Vol. 47, No. 2, pp. 13–20 (In Russ.)].
5. Евдокимов В. И., Мосягин И. Г., Сивашченко П. П. *Показатели заболеваемости офицеров Военно-морского флота Российской Федерации (2003–2018 гг.): монография*. СПб.: Политехника-принт; 2019. 90 с. (Серия "Заболеваемость военнослужащих"; вып. 8) [Evdokimov V. I., Mosyagin I. G., Sivashchenko P. P. *Morbidity rates of officers of the Russian Navy (2003–2018): monograph*. St. Petersburg: Polytechnika-Print, 2019, 90 p. (Series Morbidity of military personnel ss. 8) (In Russ.)].
6. Евдокимов В. И., Мосягин И. Г., Сивашченко П. П. *Показатели заболеваемости военнослужащих по контракту Военно-морского флота Российской Федерации (2003–2018 гг.): монография*. СПб.: Политехника-принт; 2019. 90 с. (Серия "Заболеваемость военнослужащих"; вып. 9) [Evdokimov V. I., Mosyagin I. G., Sivashchenko P. P. *Morbidity rates of contract servicemen of the Russian Navy (2003–2018): monograph*. St. Petersburg: Polytechnika-Print; 2019, 90 p. (Series Morbidity of military personnel ss. 9) (In Russ.)].
7. Евдокимов В. И., Сивашченко П. П. *Показатели заболеваемости военнослужащих-женщин Военно-морского флота Российской Федерации (2003–2016 гг.): монография*. СПб.: Политехника-принт; 2018. 78 с. (Серия "Заболеваемость военнослужащих"; вып. 6) [Evdokimov V. I., Sivashchenko P. P. *Morbidity rates of female servicemen of the Russian Navy (2003–2016): monograph*. St. Petersburg: Polytechnika-Print, 2018, 78 p. (Series Morbidity of military personnel ss. 6) (In Russ.)].
8. Евдокимов В. И., Мосягин И. Г., Сивашченко П. П., Мухина Н. А. Анализ медико-статистических показателей заболеваемости военнослужащих по призыву Военно-морского флота и Сухопутных войск Российской Федерации

- в 2003–2018 гг. // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2019. № 3. С. 15–51 [Evdokimov V. I., Mosyagin I. G., Sivashchenko P. P., Mukhina N. A. Analysis of medical and statistical measures of morbidity in conscripts of the Navy and Ground Forces of the Russian Federation in 2003–2018. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2019, No. 3, pp. 15–51 (In Russ.)]. doi: 10.25016/2541-7487-2019-0-3-15-51.
9. Показатели состояния здоровья военнослужащих Вооруженных сил Российской Федерации, а также деятельности военно-медицинских подразделений, частей и учреждений в ... / Гл. воен.-мед. упр. Минобороны РФ. М., 2004–2021 [*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...* Main military medical directorate of the Russian Ministry of Defense. Moscow, 2004–2021 (In Russ.)].
10. 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). *Biomedical 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.
11. Юнкеров В. И., Григорьев С. Г., Резванцев М. В. *Математико-статистическая обработка данных медицинских исследований*. Изд. 3-е, доп. СПб., 2011. 317 с. [Yunkerov V. I., Grigor'ev S. G., Rezvantsev M. V. *Mathematical and statistical processing of medical research data*. 3rd ed., suppl. St. Petersburg. 2011. 317 p. (In Russ.)].
12. Евдокимов В. И., Мосягин И. Г., Шамрей В. К., Сивашченко П. П., Плужник М. С. Динамика показателей психического здоровья военнослужащих, проходящих военную службу по призыву в Военно-морском флоте и Сухопутных войсках Минобороны России (2003–2021 гг.): ретроспективное исследование // *Морская медицина*. 2024. Т. 10, № 4. С. 33–53 [Evdokimov V. I., Mosyagin I. G., Shamrey V. K., Sivashchenko P. P., Pluzhnik M. S. Dynamics of mental health indicators of military personnel serving on conscription in Navy and Land forces of Russian Ministry of defense (2003–2021): retrospective study. *Marine Medicine*, 2024, Vol. 10, No. 4, P. 33–53 (In Russ.)]. doi: 10.22328/2413-5747-2024-10-4-33-53.

ОЦЕНКА ОПТИМИЗАЦИИ ПИТАНИЯ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ В АРКТИКЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫМ ПРОДУКТОМ, ПРОИЗВЕДЕННЫМ ПО КРИТИЧЕСКИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ: КОГОРТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

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

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

² Красноярский государственный медицинский университет имени профессора
В. Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, Россия

ВВЕДЕНИЕ. В условиях Крайнего Севера отмечается повышенная потребность и недостаточное потребление витаминов и минеральных веществ.

ЦЕЛЬ. Оценить эффективность оптимизации питания военнослужащих в Арктике многокомпонентным продуктом, произведенным по критически низкотемпературной технологии, по витаминно-минеральной насыщенности организма.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В пробах крови у военнослужащих определяли витамины (B_9 , B_{12} и D – по 25-гидроксивитамину D) и минералы (K, Na, Ca ионизированный и общий, P, Mg, Fe). Основная группа ($n = 30$) принимала продукт, произведенный по критически низкотемпературной технологии, 21 день (декларация соответствия ЕАЭС: № RU Д-РУ. РА03.В69039/24 от 19.04.2024 г.); сравнения ($n = 28$) – питание обычное. Расчетным методом определили содержание макронутриентов, витаминов и минералов.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Выявлен дефицит витамина B_9 (в группах сравнение – основная у 32,1–53,3 %); железо находилось в нижней зоне референтного значения, дефицит и недостаточность витамина D (у 70,0–93,3 %), кальция ионизированного (у 35,7 % и 16,7 %), магния (у 20,0 % и 16,7 %); фосфор на уровне нижней границы нормы. Эффективность многокомпонентного продукта в питании проявилась наличием статистически значимых различий между исходными показателями и после его приема – увеличением витаминов (B_9 – на 9,9 %, B_{12} – на 15,2 %, 25ОН витамина D – на 13,4 %), минеральных веществ (Ca ионизированный – на 5,0 %, Ca общий – на 6,0 %, P – на 11,1 %, Fe – на 29,8 %, Mg – на 2,6 %).

ОБСУЖДЕНИЕ. На Севере выдача витаминных препаратов недостаточно эффективна, питание продуктами местной сырьевой базы затрудняет реализацию; разработанный для восполнения дефицита витаминов и минеральных веществ витаминно-минеральный комплекс не апробирован в рационе питания военнослужащих. Продукт из растительного сырья и яичной скорлупы, кроме витаминов, минералов и макронутриентов содержит компоненты, выполняющие функции экзогенных регуляторов метаболизма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Недостаточная обеспеченность организма витаминами D, B_9 и минералами указывала на признаки фолиево-дефицитной анемии и возможное нарушение фосфорно-кальциево-магниевого обмена. Концентрированный пищевой продукт обеспечивает поступление нутриентов, которые повышают витаминно-минеральную насыщенность организма.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, многокомпонентный продукт питания, эффективность по витаминно-минеральному балансу организма

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

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

Для цитирования: Рахманов Р.С., Нарутдинов Д.А., Богомолова Е.С., Разгулин С.А., Потехина Н.Н. Оценка оптимизации питания военнослужащих в Арктике многокомпонентным продуктом, произведенным по критически низкотемпературной технологии: когортное исследование // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 5. С. 76–85.

doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-76-85>; EDN: <https://elibrary.ru/KDRNPQ>

For citation: Rakhmanov R.S., Narutdinov D.A., Bogomolova E.S., Razgulin S.A., Potekhina N.N. Evaluation of nutrition optimization for military personnel in Arctic with a multicomponent product produced using critically low-temperature technology: cohort study // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, № 1. P. 76–85.

doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-76-85>; EDN: <https://elibrary.ru/KDRNPQ>

© 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>

EVALUATION OF NUTRITION OPTIMIZATION FOR MILITARY PERSONNEL IN ARCTIC WITH A MULTICOMPONENT PRODUCT PRODUCED USING CRITICALLY LOW-TEMPERATURE TECHNOLOGY: COHORT STUDY

¹Rofail S. Rakhmanov*, ²Denis A. Narutdinov, ¹Elena S. Bogomolova, ¹Sergey A. Razgulin,
¹ Natalia N. Potekhina

¹Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

²Krasnoyarsk State Medical University named after Professor B. F. Voyno-Yasenetsky,
Krasnoyarsk, Russia

INTRODUCTION. There is an increased need and insufficient consumption of vitamins and minerals in the conditions of the Far North.

OBJECTIVE. Evaluate the effectiveness of optimizing the nutrition of military personnel in the Arctic with a multicomponent product produced by a critically low-temperature technology of vitamin and mineral saturation of the body.

MATERIALS AND METHODS. Vitamins (B9, B12 and D - 25-hydroxyvitamin D each) and minerals (K, Na, Ca ionized and total, P, Mg, Fe) were determined in blood samples from servicemen. The main group (n = 30) took the product produced by critically low-temperature technology for 21 days (declaration of conformity of the EAEC: No. RU D-RU. RA03.B69039/24 of 19.04.2024); comparisons (n = 28) took the usual diet. The content of macronutrients, vitamins and minerals was determined by the calculation method.

RESULTS. Deficiency of vitamin B9 was revealed (in comparison groups - basic in 32,1-53,3 %); iron was in the lower zone of reference value, deficiency and insufficiency of vitamin D (in 70,0-93,3 %), ionized calcium (in 35,7 % and 16,7 %), magnesium (in 20,0 % and 16,7 %); phosphorus at the level of lower limit of norm. The effectiveness of the multicomponent product in nutrition was manifested by the presence of statistically significant differences between the initial indicators and after its intake - an increase in vitamins (B9 - by 9.9 %, B12 - by 15.2 %, 25OH vitamin D - by 13.4 %), minerals (Ca ionized - by 5.0 %, Ca total - by 6.0 %, P - by 11.1 %, Fe - by 29.8 %, Mg - by 2.6 %).

DISCUSSION. In the North, the issuance of vitamin preparations is not efficient enough, nutrition with products from the local raw material base makes it difficult to implement; the vitamin-mineral complex developed to fill the deficiency of vitamins and minerals has not been tested in the diet of servicemen. The product from vegetable raw materials and eggshells, in addition to vitamins, minerals and macronutrients, contains components that perform the functions of exogenous regulators of metabolism.

CONCLUSION. Insufficient supply of vitamins D, B9 and minerals indicated signs of folium-deficiency anemia and possible disorder of phosphorus-calcium-magnesium metabolism. Concentrated food product provides nutrients that increase vitamin and mineral saturation of the body.

KEYWORDS: marine medicine, multicomponent food product, efficiency on vitamin-mineral balance of the body

Введение. Питание лиц организованных коллективов (военнослужащих, вахтовых рабочих, моряков) в условиях Крайнего Севера по энергетической ценности обеспечивает энергообмен организма, но отмечается повышенная потребность и недостаточное потребление витаминов и минеральных веществ [1–5].

Используемые и внедряемые новые методы коррекции дефицита микронутриентов дают положительный результат, но имеют ряд недостатков. Так, дополнительная выдача синтетических витаминных препаратов недостаточно эффективна [6]. Профилактическое питание с использованием продуктов местной сырьевой базы затруднено в условиях Арктики на морских судах, судах военно-морского флота и требует соответствующего технологического оборудования для его хранения, его невозможно масштабировать на весь Крайний Север [7]. Специально разра-

ботанный с учетом эндемики Арктической зоны витаминно-минеральный комплекс в составе рациона питания военнослужащих, предложенный для восполнения дефицита микронутриентов, не прошел апробацию в условиях Арктики [8].

В связи с этим актуальным остается изыскание способа насыщения пищевого рациона лиц, работающих в экстремальных условиях Крайнего Севера, эссенциальными микронутриентами, а также веществами, обладающими биологической активностью.

Цель. Оценить эффективность оптимизации питания военнослужащих в Арктике многокомпонентным продуктом, произведенным по критически низкотемпературной технологии, по витаминно-минеральной насыщенности организма.

Материалы и методы. Когортное исследование было проведено в летний период. Объектом на-

блюдения стали военнотружущие ($n = 58$) в возрасте $35,7 \pm 3,4$ года, проходящие службу по контракту (ВПСК), осуществляющие деятельность в Арктике. Критерии включения в наблюдение – I-II группа здоровья, отсутствие в течение 1 мес острых заболеваний и обострения хронических.

Питание ВПСК было организовано по рациону общевойсковой пайка (норма № 1 с дополнительной выдачей продуктов в районах Крайнего Севера)¹. Основное обеспечение продуктами питания на год осуществлялось в период летнего завоза морским транспортом. Когорта была разделена на две группы. Лица 1-й группы ($n = 30$) в течение 21 сут получали по 10 г (две чайные ложки) многокомпонентного продукта питания, произведенного по критически низкотемпературной технологии (ПКНТ)²; декларация соответствия ЕАЭС: № RU Д-РУ. РА03.В69039/24 от 19.04.2024 г. Состав ПКНТ: арония, брокколи, ламинария, морковь, семена жмыха льна, скорлупа куриных яиц. Его принимали во время ужина, добавляя во второе блюдо. Лица 2-й группы ($n = 28$) продукт, а также биологически активные добавки к пище не принимали. Эффективность оптимизированного питания оценивали по динамике уровней витаминов и минеральных веществ в крови.

У всех наблюдаемых, предварительно получив информированное добровольное согласие, стандартным методом отбирали пробы венозной крови для проведения исследований на витамины В₉, В₁₂, D (по 25-гидроксивитамину D – 25ОН (D) и минеральные вещества (калий, Са ионизированный и Са общий, магний, натрий, органический фосфор и железо).

Аппаратура, которая была использована для определения показателей в крови у лиц групп сравнения:

- фолиевая кислота (В₉) – аппарат ВЭЖХ-МС AD SCIEX QTRAP 5500 (Германия); рефе-

рентные значения 5,0–9,0 нг/мл³;

- цианкобаламин (В₁₂) – автоматизированная система ARCHITECT® i2000 Abbott (США). Уровень < 32 пмоль/л считали дефицитом витамина В₁₂ [9];

- 25ОНD – масс-спектрометр AB SCIEX QTRAP 5500 (Германия). Критерии дифференциации результатов: 5–10 нг/мл (глубокий дефицит); 10–20 нг/мл (дефицит), 20–30 нг/мл (недостаточность) и 30–100 нг/мл – оптимальный уровень [10];

- Са общий, Р, Mg, Fe – анализатор AU5800 (США).

- К, Na, Са ионизированный – анализатор электролитов AVL9180 (США).

Исследования проб крови проводили в 1-й группе троекратно: в исходном состоянии, после приема ПКНТ (22-й день) и для подтверждения результата – еще через 10 дней (32-й день); в группе сравнения – в исходном состоянии на момент окончания приема продукта.

С использованием расчетного (по таблицам химического состава каждого монопродукта) метода было определено содержание витаминов и минеральных веществ в многокомпонентном продукте⁴.

Статистический анализ результатов выполнен при помощи общепринятых методов математической статистики с использованием программного обеспечения Microsoft Excel 2016 и пакета Statistica 6.1 (США). При параметрических показателях рассчитывали средние значения и их стандартные отклонения ($M \pm \sigma$), а также достоверность различий по *t*-критерию Стьюдента для $p < 0,05$; для непараметрических – медиану (Me) и значения интервалов Q25 и Q75, достоверность различий – по парному критерию Вилкоксона для $p < 0,05$.

Результаты. По расчетным данным в ПКНТ содержались макро-, микронутриенты, пищевые волокна (табл. 1).

Нижние значения средних величин витамина В₉ в крови в группах сравнения выходили за границы нормы. В исходном состоянии у 53,3 % лиц основной группы он был ниже референтной границы, в группе сравнения доля таких лиц достигала 32,1 %. К концу приема ПКНТ средняя величина в основной группе статистически значимо возросла на 9,9 %, а еще через 10

¹Постановление Правительства РФ от 29 декабря 2007 г. № 946 «О продовольственном обеспечении военнотружущих и некоторых других категорий лиц, а также об обеспечении кормами (продуктами) штатных животных воинских частей и организаций в мирное время» (в редакции от 18 сентября 2020 г., № 1484).

²Груздева А. Е. Способ получения биокорректоров из натурального сырья. Патент на изобретение № 2399296. 2010.

³Фолиеводефицитная анемия. Клинические рекомендации. Минздрав РФ, 2021. URL: <https://кр-рф-2021/17023?ysclid=slsvgxmqsxv153502174> (дата обращения 18.11.2024).

⁴Скурихин И. М., Тутельян В. А. Химический состав российских пищевых продуктов. М.: ДеЛи; 2002. 236 с.

Таблица 1

Содержание пищевых веществ в многокомпонентном продукте на 100 г вещества

Table 1

The content of nutrients in a multi-component product per 100 g of substance

Микронутриенты, в том числе макро- и микроэлементы				Макронутриенты и пищевые волокна	
витамины		минеральные вещества			
А, мг	0,701	К, мг	1266,71	Белки, г	12,16
Е, мг	2,7	Na, мг	154,88	Жиры, г, в том числе:	12,19
С, мг	145,87	Ca, мг	180,5	МНЖК	1,99
В ₁ мг	0,61	Р, мг	375,16	ПНЖК	7,92
В ₂ , мг	0,32	Mg, мг	163,65	НЖК	1,2
В ₅ , мг	2,08	Fe, мг	7,03	Углеводы, г	44,28
В ₆ , мг	0,66	Cu, мг	0,52	Пищевые волокна	19,55
В ₉ мкг	28,56	Zn, мг	3,05		
РР, мг	2,24	Mn, мг	1,21		
D, мкг	6,81	Cr, мкг	24,5		
К, мкг	1974,7	Se, мкг	46,14		
Биотин, мкг	40,68	F, мкг	20,59		
В ₁₂ , мкг	7,917	J, мкг	319,13		

дней была выше исходного значения на 11,6 %. Рост данного витамина в сыворотке крови был отмечен у всех наблюдаемых, а у 13,3 % увеличился до референтной границы. Среди лиц группы сравнения снижение индивидуальных показателей относительно исходных значений к концу второго и третьего этапов исследования отмечено у 20,0 % исследуемых.

Витамин В₁₂ в крови лиц каждой группы был в пределах границ нормы. В 1-й группе при оптимизации рациона в этих границах он возрос на 8,0–15,2 %, что не было зафиксировано во 2-й группе. У лиц основной группы он увеличился относительно исходных значений у всех 100,0 %, а еще через 10 дней он был выше промежуточных показателей у 76,7 %. Среди лиц основной группы была выявлена обратная динамика: снижение индивидуальных уровней отмечено у 10,7 %.

В ходе исследования изменений в показателях 25 ОН витамина D у лиц группы сравнения не установлено. В крови лиц 1-й группы его содержание увеличилось на 13,4 %, еще через 10 дней оно было статистически значимо выше исходной величины на 5,3 % (табл. 2).

По этапам наблюдения, в группах сравнения не было выявлено лиц, с глубоким дефицитом витамина D. Уменьшение доли лиц с дефицитом и недостаточностью и увеличение с оптималь-

ным уровнем произошло при приеме ПКНП, в группе сравнения изменений практически не было (табл. 3).

Содержание минеральных веществ в крови лиц группы сравнения по этапам исследования не различалось. В основной группе уровень кальция статистически значимо возрос на 3,7 %, через 10 сут среднее его значение не отличалось от исходного. Также выросло и снизилось содержание натрия.

Свободный (ионизированный) и общий кальций возрастали соответственно по этапам наблюдения на 5,0 % и 1,8–6,0 %. До начала исследования низкий ионизированный кальций был зарегистрирован соответственно у 35,7 % и у 16,7% (сравнения–основная), на момент окончания приема продукта – у 35,7 % и у 3,3 % обследованных лиц.

Органический фосфор, магний и железо в крови лиц сравниваемых групп были в границах нормы. Однако показатели средних величин, как и железа, были практически в зоне нижней референтной границы.

Содержание фосфора в крови лиц основной группы после приема изучаемого продукта увеличивалось на 8,3–11,1 %, а увеличение железа составило 27,3 % и 29,8 % соответственно.

В этой группе магний увеличился на 2,6 %. В на-

Таблица 2

Содержание витаминов в сыворотке крови по этапам наблюдения, абс.

Table 2

Content of vitamins in blood serum by stages of observation, abs.

Группа наблюдения	Оцениваемый показатель, границы нормы, период наблюдения		
	исходный	конец курса	через 10 дней после приема
Витамин В ₉ , 3,1–20,5 пмоль/л			
Основная группа	3,03 (2,6–3,35)	3,33 (2,78–3,51) 0,046*	3,38 (2,81–3,54) 0,021**; 0,062***
Группа сравнения	3,3 (2,65–3,36)	3,28 (2,63–3,33) 0,67	3,26 (2,63–3,38) 0,321; 0,422
Витамин В ₁₂ , 25,0–165,0 пмоль/л			
Основная группа	98,9 ± 19,28	106,8 ± 16,99 0,001	113,9 ± 17,13 0,001; 0,01
Группа сравнения	93,0 ± 14,52	93,4 ± 14,1 0,657	-
Витамин D, 30–100 нг/мл			
Основная группа	21,9 ± 5,52	24,83 ± 5,48 0,001	23,06 ± 5,59 0,001; 0,01
Группа сравнения	27,16 ± 5,28	28,21 ± 6,08 0,657	-

Примечание. Статистическая значимость различий (p): * – между первым и вторым; ** – между первым и третьим; *** – между вторым и третьим исследованиями

Note. Statistical significance of differences (p): * – between the first and second; ** – between the first and third; *** – between the second and third studies

Таблица 3

Долевая характеристика содержания 25-ОН витамина D в сыворотке крови, %

Tabl 3

Proportional characteristics of the content of 25-ОН vitamin D in blood serum, %

Характеристика содержания	Период обследования		
	исходный	конец курса	через 10 дней после приема
Дефицит (10–20 нг/мл):			
основная	40,0	30,0	33,3
сравнения	15,0	15,0	
Недостаточность (20–30 нг/мл)			
основная	53,3	43,3	46,7
сравнения	55,0	50,0	-
Оптимальный уровень (30–100 нг/мл)			
основная	6,7	26,7	20,0
сравнения	30,0	35,0	

чале наблюдения он был снижен у 16,7 %, после приема продукта и к концу наблюдения только у 3,3 % (n = 1); превышение относительно исходных значений отмечено у 70,0–73,3 %. В группе сравнения был зарегистрирован сниженный магний, соответственно у 13,3 % и 20,0 % (табл. 4).

Обсуждение. В настоящее время актуальным

для оптимизации питания военнослужащих, а также работающих в условиях Крайнего Севера является разработка пищевых комплексов для коррекции дефицита нутриентного состава их рационов [2, 11]. Они должны включать не только витамины и минеральные вещества, но и биологически активные компоненты (БАК)

Таблица 4

Содержание витаминов в сыворотке крови по этапам наблюдения, абс.

Tabl 4

Content of vitamins in blood serum by stages of observation, abs.

Группа наблюдения	Оцениваемый показатель, границы нормы, период наблюдения		
	исходный	конец курса	через 10 дней после приема
Калий, 3,5–5,1 ммоль/л			
Основная	4,6 ± 0,48	4,77 ± 0,5 0,001*	4,75 ± 0,43 0,069**; 0,835***
Сравнения	4,68 ± 0,42	4,58±0,32 0,541	-
Натрий, 136–145 ммоль/л			
Основная	140 (137,6–143,3)	141,0 (139–144,7) 0,01	140,0 (139,0–142,0) 0,484; 0,01
Сравнения	140,0 (138,0–141,5)	141,0 (137,5–142,0) 0,626	–
Кальций ионизированный, 1,15–1,35 ммоль/л			
Основная	1,19 (1,17–1,22)	1,25 (1,19–1,29) 0,001	1,25 (1,19–1,29) 0,012; 0,045
Сравнения	1,15 (1,13–1,17)	1,14 (1,13–1,17) 0,868	-
Кальций общий, 2,02–2,60 ммоль/л			
Основная	2,17 (2,14–2,26)	2,21 (2,19–2,3) 0,013	2,3 (2,2–2,4) 0,004; 0,526
Сравнения	2,21 (2,14–2,23)	2,15 (2,13–2,18) 0,29	-
Фосфор неорганический, 0,7–1,8 ммоль/л:			
Основная	0,72 ± 0,08	0,78 ± 0,06 0,064	0,8 ± 0,03 0,012; 0,336
Сравнения	0,83±0,03	0,84±0,03 0,73	-
Магний, 0,66–1,03 ммоль/л:			
Основная	0,76 ± 0,016	0,78 ± 0,07 0,002	0,78 ± 0,06 0,049; 0,573
Сравнения	0,78 ± 0,06	0,76 ± 0,06 0,638	-
Железо, 9,5–30 мкмоль/л:			
Основная	14,92 ± 3,15	19,0 ± 2,92 0,001	19,36 ± 2,79 0,001; 0,025
Сравнения	17,3 ± 2,17	16,9 ± 2,56 0,72	–

Примечание. Статистическая значимость различий (p): * – между первым и вторым; ** – между первым и третьим; *** – между вторым и третьим исследованиями

Note. Statistical significance of differences (p): * – between the first and second; ** – between the first and third; *** – between the second and third studies

[12]. Для включения в рацион питания предлагается, например, использование «комплексной пищевой физиологически функциональной системы» [13], использование дикорастущих ягод [7], измельченного корня сабельника болотного [1], которые содержат БАК. Предпола-

гаются введение их в состав готовых блюд.

Нами выбран способ концентрации натуральных витаминов и минеральных веществ в конечном продукте, основанный на критически низкотемпературной переработке пищевого сырья [14]. Он позволяет производить многокомпонентные композиции на основе создания рецептур, которые необходимы для употребления в конкретной ситуации.

Как известно, растительные продукты, кроме витаминов и минеральных веществ, содержат БАК, которые выполняют «*функции экзогенных регуляторов метаболизма и играют важную в адаптационных реакциях организма, поддержания здоровья*» [12]. Например, арония содержит холин (влияет на липидный обмен, стимулирует кроветворение), каротиноиды (снижают тканевую гипоксию) – фитостеролы, антоцианы, лютеин, зеаксантин, бета-криптоксантин, органические кислоты, пектиновые и дубильные вещества [15]. Семени льна содержат полиненасыщенные жирные кислоты, моноацилглицериды, диацилглицериды, токоферолы, стеролы, фосфолипиды, воски, свободные жирные кислоты, каратиноиды, полисахариды, фенолокислоты [16]. Морковь содержит полиацетилены, фалькариндол, пирролидин, бета-каротин, органические кислоты [17]. В составе брокколи – альфа- и бета-каротин, лютеин, зеаксантин, ликопин, глюкорафин, фенольные соединения [18]. Ламинария имеет бета-каротин, фукоксантин, фукоиданы, альгиновую кислоту [19].

Органический кальций в виде скорлупы яиц предназначен для восполнения дефицита кальция; она включена в рецептуру в связи с недостаточным потреблением кальция с питьевой водой из растаявшего снега [20].

Таким образом, на прием пищи с ПКНТ организм военнослужащих прореагировал повышением насыщенности витаминами и минеральными веществами. Эффект по витаминам группы В, вероятно, был связан с процессом всасывания в желудочно-кишечном тракте (поскольку они были в составе пищи, не принимались натошак)⁵.

Кроме того, дополнительно с рационом поступали пищевые волокна (1,4 %) и макронутриенты: белки – 1,12 %, углеводы – 4,43 %, жиры – 2,22 % (в том числе омега-3 – до 0,15 % и омега-6 – до 0,92 %) от суточной потребности. Дополнительная калорийность достигала 33,6 ккал. Значит, следует ожидать реакцию и других физиологических систем организма.

Результаты исследований позволяют расширить объем наблюдений: оценить реакцию организма при приеме более высоких доз продукта, изменять рецептуры соответственно имеющейся ситуации, определить периодичность профилактического курса и длительность сохранения позитивного эффекта.

Применение ПКНТ не требует изменения технологии или рецептур приготовления пищи. Это продукт, который можно употреблять как при добавлении в состав, например, готового блюда, так и самостоятельно: самый простой способ – внесение в доброкачественную питьевую воду и выдержка 3–5 мин (для приобретения кашицеобразной консистенции). Единственное противопоказание – индивидуальная непереносимость отдельных ингредиентов многокомпонентного продукта. Плюсом к этому является длительный срок хранения ПКНТ (не менее 18 мес), что очень удобно для длительных экспедиций и в случаях невозможной доставки продуктов.

Заключение. При исследовании проб крови у военнослужащих в Арктике выявлены:

- недостаточная обеспеченность организма витамином В₁₂ (у 100,0 %), дефицит витамина В₉ (в группах сравнения – основная – у 32,1% и 53,3 %); железо находилось в нижней зоне референтного значения. Это указывало на наличие признаков В₁₂-В₉-дефицитной анемии;

- дефицит и недостаточность витамина D (у 70,0–93,3 %), кальция ионизированного (у 35,7 % и 16,7 %), магния (у 20,0–16,7 %), фосфор на уровне нижней границы нормы свидетельствовали о возможном нарушении фосфорно-кальциево-магниевого обмена.

Включение в рацион питания натурального многокомпонентного продукта, произведенного по критически низкотемпературной технологии, показало эффективность по наличию статистически значимых различий между исходными показателями уровней витаминов и минеральных веществ в крови и после его приема: увеличение витаминов (B_0 – на 9,9 %, B_1 – на 15,2 %, B_2 – на 10,2 %, B_6 – на 10,2 %, B_{12} – на 10,2 %, B_{15} – на 10,2 %, B_{17} – на 10,2 %, B_{18} – на 10,2 %, B_{19} – на 10,2 %, B_{20} – на 10,2 %, B_{21} – на 10,2 %, B_{22} – на 10,2 %, B_{23} – на 10,2 %, B_{24} – на 10,2 %, B_{25} – на 10,2 %, B_{26} – на 10,2 %, B_{27} – на 10,2 %, B_{28} – на 10,2 %, B_{29} – на 10,2 %, B_{30} – на 10,2 %, B_{31} – на 10,2 %, B_{32} – на 10,2 %, B_{33} – на 10,2 %, B_{34} – на 10,2 %, B_{35} – на 10,2 %, B_{36} – на 10,2 %, B_{37} – на 10,2 %, B_{38} – на 10,2 %, B_{39} – на 10,2 %, B_{40} – на 10,2 %, B_{41} – на 10,2 %, B_{42} – на 10,2 %, B_{43} – на 10,2 %, B_{44} – на 10,2 %, B_{45} – на 10,2 %, B_{46} – на 10,2 %, B_{47} – на 10,2 %, B_{48} – на 10,2 %, B_{49} – на 10,2 %, B_{50} – на 10,2 %, B_{51} – на 10,2 %, B_{52} – на 10,2 %, B_{53} – на 10,2 %, B_{54} – на 10,2 %, B_{55} – на 10,2 %, B_{56} – на 10,2 %, B_{57} – на 10,2 %, B_{58} – на 10,2 %, B_{59} – на 10,2 %, B_{60} – на 10,2 %, B_{61} – на 10,2 %, B_{62} – на 10,2 %, B_{63} – на 10,2 %, B_{64} – на 10,2 %, B_{65} – на 10,2 %, B_{66} – на 10,2 %, B_{67} – на 10,2 %, B_{68} – на 10,2 %, B_{69} – на 10,2 %, B_{70} – на 10,2 %, B_{71} – на 10,2 %, B_{72} – на 10,2 %, B_{73} – на 10,2 %, B_{74} – на 10,2 %, B_{75} – на 10,2 %, B_{76} – на 10,2 %, B_{77} – на 10,2 %, B_{78} – на 10,2 %, B_{79} – на 10,2 %, B_{80} – на 10,2 %, B_{81} – на 10,2 %, B_{82} – на 10,2 %, B_{83} – на 10,2 %, B_{84} – на 10,2 %, B_{85} – на 10,2 %, B_{86} – на 10,2 %, B_{87} – на 10,2 %, B_{88} – на 10,2 %, B_{89} – на 10,2 %, B_{90} – на 10,2 %, B_{91} – на 10,2 %, B_{92} – на 10,2 %, B_{93} – на 10,2 %, B_{94} – на 10,2 %, B_{95} – на 10,2 %, B_{96} – на 10,2 %, B_{97} – на 10,2 %, B_{98} – на 10,2 %, B_{99} – на 10,2 %, B_{100} – на 10,2 %, B_{101} – на 10,2 %, B_{102} – на 10,2 %, B_{103} – на 10,2 %, B_{104} – на 10,2 %, B_{105} – на 10,2 %, B_{106} – на 10,2 %, B_{107} – на 10,2 %, B_{108} – на 10,2 %, B_{109} – на 10,2 %, B_{110} – на 10,2 %, B_{111} – на 10,2 %, B_{112} – на 10,2 %, B_{113} – на 10,2 %, B_{114} – на 10,2 %, B_{115} – на 10,2 %, B_{116} – на 10,2 %, B_{117} – на 10,2 %, B_{118} – на 10,2 %, B_{119} – на 10,2 %, B_{120} – на 10,2 %, B_{121} – на 10,2 %, B_{122} – на 10,2 %, B_{123} – на 10,2 %, B_{124} – на 10,2 %, B_{125} – на 10,2 %, B_{126} – на 10,2 %, B_{127} – на 10,2 %, B_{128} – на 10,2 %, B_{129} – на 10,2 %, B_{130} – на 10,2 %, B_{131} – на 10,2 %, B_{132} – на 10,2 %, B_{133} – на 10,2 %, B_{134} – на 10,2 %, B_{135} – на 10,2 %, B_{136} – на 10,2 %, B_{137} – на 10,2 %, B_{138} – на 10,2 %, B_{139} – на 10,2 %, B_{140} – на 10,2 %, B_{141} – на 10,2 %, B_{142} – на 10,2 %, B_{143} – на 10,2 %, B_{144} – на 10,2 %, B_{145} – на 10,2 %, B_{146} – на 10,2 %, B_{147} – на 10,2 %, B_{148} – на 10,2 %, B_{149} – на 10,2 %, B_{150} – на 10,2 %, B_{151} – на 10,2 %, B_{152} – на 10,2 %, B_{153} – на 10,2 %, B_{154} – на 10,2 %, B_{155} – на 10,2 %, B_{156} – на 10,2 %, B_{157} – на 10,2 %, B_{158} – на 10,2 %, B_{159} – на 10,2 %, B_{160} – на 10,2 %, B_{161} – на 10,2 %, B_{162} – на 10,2 %, B_{163} – на 10,2 %, B_{164} – на 10,2 %, B_{165} – на 10,2 %, B_{166} – на 10,2 %, B_{167} – на 10,2 %, B_{168} – на 10,2 %, B_{169} – на 10,2 %, B_{170} – на 10,2 %, B_{171} – на 10,2 %, B_{172} – на 10,2 %, B_{173} – на 10,2 %, B_{174} – на 10,2 %, B_{175} – на 10,2 %, B_{176} – на 10,2 %, B_{177} – на 10,2 %, B_{178} – на 10,2 %, B_{179} – на 10,2 %, B_{180} – на 10,2 %, B_{181} – на 10,2 %, B_{182} – на 10,2 %, B_{183} – на 10,2 %, B_{184} – на 10,2 %, B_{185} – на 10,2 %, B_{186} – на 10,2 %, B_{187} – на 10,2 %, B_{188} – на 10,2 %, B_{189} – на 10,2 %, B_{190} – на 10,2 %, B_{191} – на 10,2 %, B_{192} – на 10,2 %, B_{193} – на 10,2 %, B_{194} – на 10,2 %, B_{195} – на 10,2 %, B_{196} – на 10,2 %, B_{197} – на 10,2 %, B_{198} – на 10,2 %, B_{199} – на 10,2 %, B_{200} – на 10,2 %, B_{201} – на 10,2 %, B_{202} – на 10,2 %, B_{203} – на 10,2 %, B_{204} – на 10,2 %, B_{205} – на 10,2 %, B_{206} – на 10,2 %, B_{207} – на 10,2 %, B_{208} – на 10,2 %, B_{209} – на 10,2 %, B_{210} – на 10,2 %, B_{211} – на 10,2 %, B_{212} – на 10,2 %, B_{213} – на 10,2 %, B_{214} – на 10,2 %, B_{215} – на 10,2 %, B_{216} – на 10,2 %, B_{217} – на 10,2 %, B_{218} – на 10,2 %, B_{219} – на 10,2 %, B_{220} – на 10,2 %, B_{221} – на 10,2 %, B_{222} – на 10,2 %, B_{223} – на 10,2 %, B_{224} – на 10,2 %, B_{225} – на 10,2 %, B_{226} – на 10,2 %, B_{227} – на 10,2 %, B_{228} – на 10,2 %, B_{229} – на 10,2 %, B_{230} – на 10,2 %, B_{231} – на 10,2 %, B_{232} – на 10,2 %, B_{233} – на 10,2 %, B_{234} – на 10,2 %, B_{235} – на 10,2 %, B_{236} – на 10,2 %, B_{237} – на 10,2 %, B_{238} – на 10,2 %, B_{239} – на 10,2 %, B

⁵Петровская А. Когда начинают действовать витамины? Разбираемся в разнице между дорогими и дешевыми препаратами. <https://media.uom.education/kogda-nachinaiut-deistvovat-vitaminy-otvety-na-chasto-zadavaemye-voprosy/?ysclid=m6ss2ihmef533668736> (дата обращения 05.02.2025)

25ОНD – на 13,4 %), минеральных веществ (Са Р – на 11,1 %, Fe – на 29,8 %, Mg – на 2,6 %; рост ионизированный – на 5,0 %, Са общий – на 6,0 %, К и Na только к концу приема).

Сведения об авторах:

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

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

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

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

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

Information about the authors:

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

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

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

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

Natalya N. Potechina – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Professor of the Department of Hygiene, Privolzhsky Research Medical University; 603905, Nizhny Novgorod, Minin and Pozharsky Ave, 10/1; ORCID: 0000-0001-6519-5513; e-mail: nn-potechina@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 — Р. С. Рахманов; сбор данных — Д. А. Нарутдинов; математический анализ данных; — С. А. Разгулин; литературный обзор — Н. Н. Потехина; подготовка рукописи — Р. С. Рахманов, Е. С. Богомолова, Н.Н. Потехина.

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

Special contribution: RSR The largest contribution is distributed as follows: concept and design of the study. DAN data collection; SAR mathematical analysis of data; NNP literature review; RSR, ESB, NNP preparation of the manuscript.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

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

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

Финансирование: Исследование не имело спонсорской поддержки.

Funding: The study was not sponsored.

Поступила/Received: 15.11.2024

Принята к печати/Accepted: 15.03.2025

Опубликована/Published: 30.03.2025

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Попов В. Г., Белина С. А. Актуальность создания специализированных продуктов питания для населения, проживающего в условиях Арктики // *Научные труды КубГТУ*. 2016. № 14. С. 905–913 [Popov V. G., Belina S. A. Relevance of creating specialized food products for the population living in the Arctic. *Scientific works of KubSTU*, 2016, No. 14, pp. 905–913 (in Russ.)].
2. Гудков А. Б., Дегтева Г. Н., Шепелева О. А. Эколого-гигиенические проблемы на Арктических территориях интенсивной промышленной деятельности (обзор) // *Общественное здоровье*. 2021. № 1 (4). С. 49–55 [Gudkov A. B., Degtyareva G. N., Shepeleva O. A. Ecological and hygienic problems in the Arctic territories of intensive industrial activity (review) *Public health*, 2021, No. 1 (4), pp. 49–55 (in Russ.)].
3. Субботина Т. И., Андриянов А. И., Сороколетова Е. Ф., Сметанин А. Л., Ищук Ю. В. Роль адекватного нормирования питания в сохранении и укреплении здоровья военнослужащих, проходящих службу в Арктической зоне // *Известия Российской Военно-медицинской академии*. 2020. Т. 39, № 3. С. 3–5. С. 169–172 [Subbotina T. I., Andrianov A. I., Sorokoletova E. F., Smetanin A. L., Ishchuk Yu. V. The Role of Adequate Nutrition Standardization in Maintaining and Strengthening the Health of Military Personnel Serving in the Arctic Zone. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*, 2020, Vol. 39, No. 3, pp. 169–172 (in Russ.)].
4. Сметанин А. Л., Андриянов А. И., Белозеров Е. С., Субботина Т. И., Ивченко Е. В., Кириченко Н. Н., Кривцов А. В., Щукина Н. А., Коновалова И. А. Оценка витаминно-минерального статуса военнослужащих, проходящих службу на Крайнем Севере и в Санкт-Петербурге // *Профилактическая и клиническая медицина*. 2015. № 4(57). С. 5–11 [Smetanin A. L., Andrianov A. I., Belozеров E. S., Subbotina T. I., Ivchenko E. V., Kirichenko N. N., Krivtsov A. V., Shchukina N. A., Konovalova I. A. Assessment of vitamin and mineral status of military personnel serving in the Far North and St. Petersburg. *Preventive and Clinical Medicine*, 2015, No. 4(57), pp. 5–11 (in Russ.)].
5. Маков В. А. Особенности продовольственного обеспечения военнослужащих, проходящих военную службу в арктической зоне Российской Федерации // *Российская Арктика*. 2018. № 3. С. 51 [Makov V. A. Features of food provision for military personnel serving in the Arctic zone of the Russian Federation. *Russian Arctic*, 2018, No. 3, pp. 51 (in Russ.)]. doi: 10.24411/2658-4255-2018-00011.
6. Кириченко Н. Н., Новицкий А. А. Профилактика нарушений микронутриентного статуса у военнослужащих по призыву в условиях Арктической зоны Российской Федерации // *Медицина катастроф*. 2020. № 3. С. 47–51 [Kirichenko N. N., Novitsky A. A. Prevention of micronutrient status disorders in conscript military personnel in the Arctic zone of the Russian Federation. *Disaster Medicine*, 2020, No. 3, pp. 47–51 (in Russ.)]. doi: 10.33266/2070-1004-2020-3-47-51.
7. Дегтева Г. Н., Гудков А. Б., Новикова И. И., Шепелева О. А., Попова О. Н. Обоснование внедрения профилактического питания с использованием продуктов местной сырьевой базы для вахтовых работников арктического региона: обзор литературы // *Морская медицина*. 2022. Т. 8, № 2. С. 7–18 [Degtyareva G. N., Gudkov A. B., Novikova I. I., Shepeleva O. A., Popova O. N. Justification for the introduction of preventive nutrition using products from the local raw material base for shift workers in the Arctic region: a literature review *Marine Medicine*, 2022, Vol. 8, No. 2, pp. 7–18 (in Russ.)]. doi: 10.22328/2413-5747-2022-8-2-7-18.
8. Новикова И. И., Романенко С. П., Семенихина М. В., Кругляков П. В., Дегтева Г. Н., Рождественская Л. Н. и др. Оценка включения витаминно-минерального комплекса в рацион организационного питания работающих в условиях Арктической зоны // *Российская Арктика*. 2023. Т. 5, № 3. С. 40–47 [Novikova I. I., Romanenko S. P., Semenikhina M. V., Kruglyakov P. V., Degtyareva G. N., Rozhdestvenskaya L. N., et al. Evaluation of the inclusion of a vitamin-mineral complex in the organizational nutrition diet of workers in the Arctic zone. *Russian Arctic*, 2023, Vol. 5, No. 3, pp. 40–47 (in Russ.)]. doi: 10.24412/2658-4255-2023-3-40-47.
9. Красновский А. Л., Григорьев С. П., Алёхина Р. М., Ежова И. С., Золкина И. В., Лошкарева Е. О. Современные возможности диагностики и лечения дефицита витамина В₁₂ // *Клиницист*. 2016. Т. 10, № 3. С. 15–25 [Krasnovsky A. L., Grigoriev S. P., Alekhina R. M., Ezhova I. S., Zolkina I. V., Loshkareva E. O. Modern possibilities of diagnostics and treatment of vitamin B12 deficiency. *Clinician*, 2016, Vol. 10, No. 3, pp. 15–25 (in Russ.)]. doi: 10.17 650 / 1818-8338-2016-10-3-15-25.
10. Пигарева Е. А., Рожинская Л. Я., Белая Ж. Е., Дзеранова Л. К., Каронова Т. Л., Ильин А. В. и др. Клинические рекомендации Российской ассоциации эндокринологов по диагностике, лечению и профилактике дефицита витамина D взрослых // *Проблемы эндокринологии*. 2016. № 4. С. 60–84 [Pigareva E. A., Rozhinskaya L. Ya., Belaya Zh. E., Dzeranova L. K., Karonova T. L., Ilyin A. V., et al. Clinical recommendations of the Russian Association of Endocrinologists for the diagnosis, treatment and prevention of vitamin D deficiency in adults. *Problems of Endocrinology*, 2016, No. 4, pp. 60–84 (in Russ.)]. doi: 0.14341/probl201662460-84.
11. Андриянов А. И., Кравченко Е. В., Кузьмин С. Г., Лазаренко Л. П., Коростелева О. Г., Сметанин А. Л. и др. Состояние и перспективы использования функциональных пищевых продуктов в питании населения и военнослужащих // *Морская медицина*. 2020. Т. 6, № 1. С. 27–38 [Andrianov A. I., Kravchenko E. V., Kuzmin S. G., Lazarenko L. P., Korosteleva O. G., Smetanin A. L., et al. Status and prospects of using functional food products in the nutrition of the population and military personnel. *Marine Medicine*, 2020, Vol. 6, No. 1, pp. 27–38 (in Russ.)]. doi: 10.22328/2413-5747-2020-6-1-43-55.
12. Тутельян В. А., Никитюк Д. Б., Батурин А. К., Васильев А. В., Гаппаров М. М. Г., Жилинская Н. В. и др. Нутриом как направление «главного удара»: определение физиологических потребностей в макро- и микронутриентах, минорных биологически активных веществах пищи // *Вопросы питания*. 2020. Т. 89, № 4. С. 24–34 [Tutelyan V. A., Nikityuk D. B., Baturin A. K., Vasiliev A. V., Gapparov M. M. G., Zhilinskaya N. V., et al. Nutriome as a direction of the “main

- attack”: determination of physiological needs for macro- and micronutrients, minor biologically active substances of food. *Nutrition Issues*, 2020, Vol. 89, No. 4, pp. 24–34 (in Russ.)). doi: 10.24411/0042-8833-2020-10039.
13. Попов В.Г., Кадочникова Г.Д., Буракова Л.Н., Неверов В.Ю., Тригуб В.В., Мозжерина И. В. и др. Разработка рецептуры комплексной пищевой физиологически функциональной системы с целью получения специализированных продуктов питания для населения Арктики // *Ползуновский вестник*. 2019. № 1. С. 90–95 [Popov V. G., Kadochnikova G. D., Burakova L. N., Neverov V. Yu., Trigub V. V., Mozzherina I. V., et al. Development of a recipe for a complex food physiologically functional system in order to obtain specialized food products for the population of the Arctic. *Polzunovsky bulletin*, 2019, No. 1, pp. 90–95 (in Russ.)].
 14. Филиппова О. Н., Груздева А. Е., Рахманов Р. С. Технология концентрирования микронутриентов, позволяющая создавать витаминно-минеральные комплексы из растительного сырья // *Профилактическая медицина как научно-практическая основа сохранения и укрепления здоровья населения*. Нижний Новгород. 2014. С 55–58 [Filippova O. N., Gruzdeva A. E., Rakhmanov R. S. Micronutrient concentration technology that allows creating vitamin-mineral complexes from plant materials. *Preventive medicine as a scientific and practical basis for maintaining and strengthening public health*. Nizhny Novgorod, 2014, pp. 55–58 (in Russ.)].
 15. Елисеева Л. Г., Блинникова О. М. Плоды аронии черноплодной – источник витаминно-минеральных комплексов // *Пищевая промышленность*. 2023. № 4. С. 28–29 [Eliseeva L. G., Blinnikova O. M. Black chokeberry fruits – a source of vitamin-mineral complexes. *Food industry*, 2023, No. 4, pp. 28–29 (in Russ.)].
 16. Миневиц И. Э. Функциональная значимость семян льна и практика их использования в пищевых технологиях // *Health, Food & Biotechnology*. 2019. Т. 1, № 2. С. 97–120 [Minevich I. E. Functional significance of flax seeds and the practice of their use in food technologies. *Health, Food & Biotechnology*, 2019, Vol. 1, No. 2, pp. 97–120 (in Russ.)]. doi: 10.36107/hfb.2019.i2.s224.
 17. Елисеева Л. Г., Тарантул А. Морковь (лат. *Daucus carota* subsp. *sativus*) // *Journal.edaplus.info – Журнал здорового питания и диетологии*. 2018. № 6(4). С. 44–54 [Eliseeva L. G., Tarantula A. Carrot (lat. *Daucus carota* subsp. *sativus*). *Journal.edaplus.info – Journal of Healthy Nutrition and Dietetics*, 2018, No. 6(4), pp. 44–54 (in Russ.)].
 18. Елисеева Л. Г., Ямпольский А. Брокколи (*Brassica oleracea* Broccoli Group) // *Journal.edaplus.info – Журнал здорового питания и диетологии*. 2020. Т. 11, № 1. С. 12–24 [Eliseeva L. G., Yampolsky A. Broccoli (*Brassica oleracea* Broccoli Group). *Journal.edaplus.info – Journal of Healthy Nutrition and Dietetics*, 2020, Vol. 11, No. 1, pp. 12–24 (in Russ.)].
 19. Кароматов И. Д., Ашурова Н. Г., Амонов М. К. У. Ламинария, морская капуста // *Электронный научный журнал «Биология и интегративная медицина*. 2017. № 2. С. 194–213 [Karomatova I. D., Ashurova N. G., Amonov M. K. U. Laminaria, seaweed // *Electronic scientific journal “Biology and integrative medicine*, 2017, No. 2, pp. 194–213 (in Russ.)].
 20. Азаров И. И., Бутаков С. С., Жолус Б. И. Физиолого-гигиенические требования к водоснабжению военнослужащих в Арктической зоне // *Военно-медицинский журнал*. 2016. № 10. С. 44–51 [Azarov I. I., Butakov S. S., Zholus B. I. Physiological and hygienic requirements for water supply of military personnel in the Arctic zone. *Military Medical Journal*, 2016, No. 10, pp. 44–51 (in Russ.)].

ОСОБЕННОСТИ ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ВЗРОСЛОГО НАСЕЛЕНИЯ АРХИПЕЛАГА НОВАЯ ЗЕМЛЯ: ОПИСАТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

¹ И. Ю. Мишин *, ¹ С. И. Алекперов, ^{2,3} В. П. Гананольский, ¹ П. А. Сошкин

¹ Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной
медицины, Санкт-Петербург, Россия

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

³ Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова,
Санкт-Петербург, Россия

ЦЕЛЬ. Изучить особенности офтальмологической заболеваемости взрослого населения архипелага Новая Земля по результатам ретроспективного эпидемиологического анализа заболеваемости за 2019–2022 гг.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Выполнен ретроспективный эпидемиологический анализ заболеваемости по офтальмологическому профилю среди взрослого населения архипелага Новая Земля. Исследуемый контингент включает мужчин ($n = 1630$) в возрасте от 18 до 65 лет и женщин ($n = 698$) в возрасте от 22 до 45 лет, проживающих на архипелаге Новая Земля. По данным обращаемости населения за медицинской помощью, для учета острых заболеваний по профилю офтальмология проанализирована первичная медицинская документация «Талон амбулаторного пациента (форма № 025-2/у)». Для учета хронических болезней офтальмологического профиля проанализированы учетная медицинская документация «Медицинская карта амбулаторного больного (форма № 025/у)» и «Журнал профосмотров» согласно данным медицинских осмотров и диспансерного наблюдения за выделенными контингентами. Госпитализированная заболеваемость была изучена по «Статистической карте выбывшего из стационара (форма 066/у)».

РЕЗУЛЬТАТЫ. В изучаемый нами четырехлетний период в филиале № 8 ФГКУ «1469 Военно-морской клинический госпиталь» Минобороны России (№ 8 ФГКУ 1469 ВМКГ МО РФ) было зарегистрировано 894 обращения по офтальмологическому профилю (2019 г. – 217, 2020 г. – 238, 2021 г. – 209, 2022 г. – 230). По итогу анализа показателей установлено, что болезни глаза и его придаточного аппарата заняли 5-е ранговое место в статистике по заболеваемости взрослого населения архипелага Новая Земля по классам заболеваний МКБ-10 за четырехлетний период (2019–2022 гг.). Суммарный показатель острых и хронических случаев, рассчитанный как совокупность средних значений за четыре года, характеризует распространенность заболеваний органа зрения на архипелаге Новая Земля порядка 96 случаев на 1000 человек. Средние значения патологической пораженности по исследуемому профилю на Новой Земле составляют 10,1 %. Определено, что самой часто возникающей является патология конъюнктивы 383 (42,8 %) случая. Анализ распределения патологии офтальмологического профиля по возрастным группам показывает, что наибольший уровень заболеваемости отмечается в 1-й возрастной группе (170,1 ‰). Наиболее низкий уровень показателей заболеваемости по архипелагу Новая Земля в 3-й возрастной группе (46,4 ‰).

ОБСУЖДЕНИЕ. Установлено, что в исследуемом периоде офтальмологическая заболеваемость взрослого населения архипелага Новая Земля занимает 5-е ранговое место по эпидемиологической значимости и в структуре представлена в основном заболеваниями конъюнктивы (42,8 %), нарушениями рефракции (41,9 %), заболеваниями век (6,3 %) и заболеваниями сетчатки (4,8 %). Ведущими факторами риска, провоцирующими развитие офтальмологической патологии в условиях Арктического региона, являются его климатогеографические особенности: низкая отрицательная температура, стоковые ветра, повышенная влажность воздуха, недостаточность естественной освещенности, избыточность ультрафиолетового излучения, явления фотопериодизма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Процесс адаптации организма к экстремальным условиям Арктического региона приводит к глубокой перестройке всех регуляторных физиологических и обменных процессов. Климатогеографические условия, присущие исключительно Арктике, оказывают неблагоприятное воздействие на зрительный анализатор и, являясь активным катализатором ряда патогенетических механизмов, способствуют рефракционным нарушениям, в том числе необратимым, возникновению и развитию воспалительных заболеваний глаз и их придаточного аппарата, а также патологии, в основе которой находятся отклонения в обменных процессах.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, эпидемиология, заболеваемость, Крайний Север, Арктический климат, Арктика, орган зрения, заболевания глаз

© 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>

*Для корреспонденции: Мишин Илья Юрьевич, e-mail: zavpo104@spbgp104.ru

*For correspondence: Ilya Yu. Mishin, e-mail: zavpo104@spbgp104.ru

Для цитирования: Мишин И. Ю., Алекперов С. И., Ганапольский В. П., Сошкин П. А. Эпидемиологическая характеристика заболеваний органа зрения у взрослого населения архипелага Новая Земля в период полярной ночи: описательное исследование // *Морская медицина*. 2024. Т. 10, No. 3. С. 86–95, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-86-95>; EDN: <https://elibrary.ru/JFSBXH>

For citation: Mishin I. Yu., Alekperov S.I., Ganapolsky V.P., Soshkin P.A. Peculiarities of ophthalmologic morbidity in the adult population of the New Earth archipelago: descriptive study // *Marine medicine*. 2024. Vol. 10, No. 3. P. 86–95, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-86-95>; EDN: <https://elibrary.ru/JFSBXH>

PECULIARITIES OF OPHTHALMOLOGIC MORBIDITY IN THE ADULT POPULATION OF THE NEW EARTH ARCHIPELAGO: DESCRIPTIVE STUDY

¹ Ilya Yu. Mishin*, ¹ Sergey I. Alekperov, ² Vyacheslav P. Ganapolsky, ¹ Pavel A. Soshkin

¹ State Research and Testing Institute of Military Medicine, St. Petersburg, Russia

² Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

³ North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia

OBJECTIVE. Изучить особенности офтальмологической заболеваемости взрослого населения архипелага Новая Земля по результатам ретроспективного эпидемиологического анализа заболеваемости за 2019–2022 гг.

MATERIALS AND METHODS. A retrospective epidemiologic analysis of ophthalmologic morbidity among the adult population of the Novaya Zemlya archipelago was performed. The studied contingent includes men (n = 1630) aged from 18 to 65 years and women (n = 698) aged from 22 to 45 years living on the Novaya Zemlya archipelago. According to the data on the population's demand for medical care, the primary medical documentation "Outpatient coupon (form No. 025-2/c)" was analyzed to record acute diseases in the field of ophthalmology. To record chronic diseases of the ophthalmological profile, the medical records "Medical card of an outpatient (form No. 025/c)" and "Journal of occupational examinations" were analyzed according to the data of medical examinations and dispensary observation of the allocated contingents. Hospitalized morbidity was studied according to the "Statistical card of the discharged from hospital (form 066/c)".

RESULTS. In the four-year period we studied, 894 ophthalmologic referrals (2019 - 217, 2020 - 238, 2021 - 209, 2022 - 230) were registered in branch No. 8 of FSI "1469 Naval Clinical Hospital" of the Ministry of Defense of the Russian Federation (No. 8 FSI 1469 NCH of the Ministry of Defense of the Russian Federation). Based on the results of the analysis of indicators, it was found that diseases of the eye and its appendages ranked 5th in the statistics on the morbidity of the adult population of the Novaya Zemlya archipelago by ICD-10 disease classes over a four-year period (2019–2022). The total index of acute and chronic cases, calculated as an aggregate of average values for four years, characterizes the prevalence of diseases of the visual organ on the archipelago of Novaya Zemlya in the order of 96 cases per 1000 people. The average values of pathologic lesions in the studied profile on Novaya Zemlya are 10.1 %. It was determined that the most frequent pathology is conjunctiva pathology 383 (42.8 %) cases. Analysis of the distribution of ophthalmologic profile pathology by age groups shows that the highest morbidity rate is observed in the 1st age group (170.1 ‰). The lowest level of morbidity in the Novaya Zemlya archipelago is in the 3rd age group (46.4 ‰).

DISCUSSION. It has been established that in the period under study the ophthalmologic morbidity of the adult population of the Novaya Zemlya archipelago occupies the 5th rank by epidemiologic significance and is represented mainly by conjunctival diseases (42.8 %), refractive disorders (41.9 %), eyelid diseases (6.3 %) and retinal diseases (4.8 %). The leading risk factors provoking the development of ophthalmologic pathology in the conditions of the Arctic region are its climatogeographical features: low negative temperature, runoff winds, increased air humidity, insufficient natural illumination, excessive ultraviolet radiation, photoperiodism phenomena.

CONCLUSION. The process of adaptation of the organism to the extreme conditions of the Arctic region causes a profound restructuring of all regulatory physiological and metabolic processes. Climatogeographical conditions, inherent exclusively to the Arctic, have an adverse effect on the visual analyzer and, being an active catalyst of a number of pathogenetic mechanisms, contribute to refractive disorders, including irreversible ones, the emergence and development of inflammatory diseases of the eyes and their appendages, as well as pathology based on abnormalities in metabolic processes.

KEYWORDS: marine medicine, epidemiology, morbidity, Far North, Arctic climate, Arctic, eye organ, eye diseases

Введение. Архипелаг Новая Земля расположен между Баренцевым и Карским морями и омывается холодными водами Северного Ледовитого океана, что придает этой террито-

рии арктический характер со свойственными ему суровыми климатогеографическими условиями [1]. К наиболее значимым относятся экстремально низкие температуры, дли-

тельный зимний период, непрерывные ветра с ураганными порывами на фоне высокой относительной влажности воздуха, явления фотопериодизма, существенные колебания атмосферного давления и напряженность геомагнитного поля [2]. Совокупность климатических особенностей, свойственных высоким широтам, можно описать как комплекс климатогеографических факторов Арктического региона, который обуславливает арктическую природу архипелага [3].

Цель. Изучить особенности офтальмологической заболеваемости взрослого населения архипелага Новая Земля по результатам ретроспективного эпидемиологического анализа заболеваемости за 2019–2022 гг.

Материалы и методы. Среди взрослого населения архипелага Новая Земля выполнен ретроспективный эпидемиологический анализ заболеваемости по офтальмологическому профилю. Исследуемый контингент прикреплен на медицинское обеспечение к единственной медицинской организации архипелага – филиалу № 8 Федерального государственного казенного учреждения «1469 Военно-морской клинический госпиталь» Министерства обороны Российской Федерации (филиал № 8 ФГКУ «1469 ВМКГ» МО РФ) и включает мужчин ($n = 1630$) в возрасте от 18 до 65 лет и женщин ($n = 698$) в возрасте от 22 до 45 лет, проживающих на архипелаге Новая Земля. На архипелаге находится три населенных пункта: рабочий поселок Белушья Губа, поселок Рогачево и поселок Северный. Численность населения 2565 человек, исследуемый контингент – 2328 человек, из них 237 – дети.

Для наиболее полного учета острых заболеваний по профилю офтальмология проанализирована первичная медицинская документация «Талон амбулаторного пациента (форма № 025-2/у)» по данным обращаемости населения за медицинской помощью. Так же по данным медицинских осмотров и диспансерного наблюдения за выделенными контингентами для более тщательного учета хронических болезней офтальмологического профиля проведен анализ учетной медицинской документации «Медицинская карта амбулаторного больного (форма № 025/у)» и «Журнал профосмотров». Госпитализированная заболеваемость была изучена по «Статистической карте выбывшего из стационара (форма 066/у)».

Результаты. Данные по заболеваемости среди взрослого населения архипелага Новая Земля по законченным случаям по классам заболеваний Международной классификации болезней 10-го пересмотра (МКБ-10) за исследуемый период отражены в табл. 1.

По итогу анализа показателей установлено, что болезни органов дыхания (X класс) занимают 1-е ранговое место, имеют наибольший удельный вес в структуре среднемноголетней заболеваемости взрослого населения на Новой Земле в исследуемом периоде, тогда как болезни системы кровообращения (IX класс) заняли 2-е ранговое место, а инфекционные болезни (I класс) – 3-е ранговое место. Болезни глаза и его придаточного аппарата (VII класс) заняли 5-е ранговое место. Показатель 95 % достоверности: от 90,6 до 101,4 ‰

Структура среднемноголетней заболеваемости взрослого населения Новой Земли в 2019–2022 гг. по основным классам МКБ-10 (в %) показана на рис. 1.

Используя учетную медицинскую документацию рассчитаны приоритетные показатели заболеваемости, соответствующие критериям включения в исследование: хроническая и острая патология органа зрения у лиц мужского и женского пола старше 18 лет, проживающих на архипелаге Новая Земля не менее года, выявленная за четырехлетний период с 2019 по 2022 г. включительно (табл. 2).

Суммарный показатель острых и хронических случаев, рассчитанный как совокупность средних значений за четыре года, характеризует распространенность заболеваний органов зрения на острове Новая Земля порядка 96 случаев на 1000 человек. Средние значения патологической пораженности по исследуемому профилю на Новой Земле составляют 10,1 %. Индекс здоровья по офтальмологическому профилю является процентным соотношением числа лиц без офтальмологической патологии, выявленных при проведении профосмотров, к числу осмотренных лиц. Это количественный показатель профильного состояния здоровья, среднее значение которого среди участников исследования с Новой Земли составило 89,9 %.

В изучаемый нами четырехлетний период в филиале № 8 ФГКУ 1469 ВМКГ МО РФ было зарегистрировано 894 обращения по офтальмологическому профилю (2019 г. – 217, 2020 г. – 238, 2021 г. – 209, 2022 г. – 230). Полученные

данные по заболеваниям были проанализированы и распределены по нозологическим группам (табл. 3).

ТНа рис. 2 представлена структура заболеваемости внутри VII класса МКБ-10 по нозологическим группам за исследуемые четыре года (%).

При интерпретации структуры заболеваемости по офтальмологическому профилю определено, что самой часто возникающей является патология конъюнктивы – 383 (42,8 %) случаев. Нарушения рефракции находятся на втором месте по частоте встречаемости – 375 (41,9 %)

Таблица 1

Заболеваемость взрослого населения архипелага Новая Земля по классам заболеваний МКБ-10 за четырехлетний период (2019–2022 гг.)

Table 1

Morbidity of the adult population of the Novaya Zemlya archipelago by ICD disease classes-10 for a four-year period (2019–2022)

Класс МКБ-10	Период наблюдения								95% доверительные интервалы	Ранг
	2019		2020		2021		2022			
	абс.	‰	абс.	‰	абс.	‰	абс.	‰		
Класс X	596	256	612	262,9	609	261,6	630	270,6	262,8 ± 5,9 (256,9; 268,7)	1
Класс IX	522	224,2	499	214,3	484	207,9	514	220,8	216,8 ± 7 (209,8; 223,8)	2
Класс I	350	150,3	372	159,8	302	129,7	366	157,2	149,2 ± 13,4 (135,8; 162,6)	3
Класс XI	231	99,2	214	91,9	259	111,3	246	105,7	102 ± 8,2 (93,8; 110,2)	4
Класс VII	217	93,2	238	102,2	209	89,8	230	98,8	96 ± 5,4 (90,6; 101,4)	5
Класс XII	220	94,5	190	81,6	211	90,6	179	76,9	85,9 ± 7,9 (78; 93,8)	6
Класс VIII	83	35,6	91	39	106	45,5	95	40,8	40,2 ± 4 (36,2; 44,2)	7
Класс VI	43	18,5	47	20,2	59	25,3	74	31,8	23,9 ± 5,8 (18,1; 29,7)	8
Класс XIX	19	8,2	14	6	22	9,4	21	9	8,1 ± 1,5 (6,6; 9,6)	9
Класс XIV	10	4,3	16	6,9	11	4,7	13	5,6	5,4 ± 1,1 (4,3; 6,5)	10
Класс XIII	9	3,9	7	3	4	1,7	7	3	2,9 ± 0,9 (2; 3,8)	11
Класс V	4	1,7	2	0,8	1	0,4	3	1,9	1,5 ± 0,8 (0,7; 2,3)	12
Класс II	1	0,4	3	1,9	2	0,8	2	0,8	0,9 ± 0,6 (0,3; 1,5)	13
Класс III	1	0,4	1	0,4	2	0,8	2	0,8	0,6 ± 0,2 (0,4; 0,8)	14
Класс IV	2	0,8	1	0,4	1	0,4	2	0,8	0,6 ± 0,2 (0,4; 0,8)	15
Класс XVIII	1	0,4	0	0	2	0,8	1	0,4	0,4 ± 0,3 (0,1; 0,7)	16
Класс XVII	0	0	1	0,4	0	0	1	0,4	0,2 ± 0,2 (0; 0,4)	17

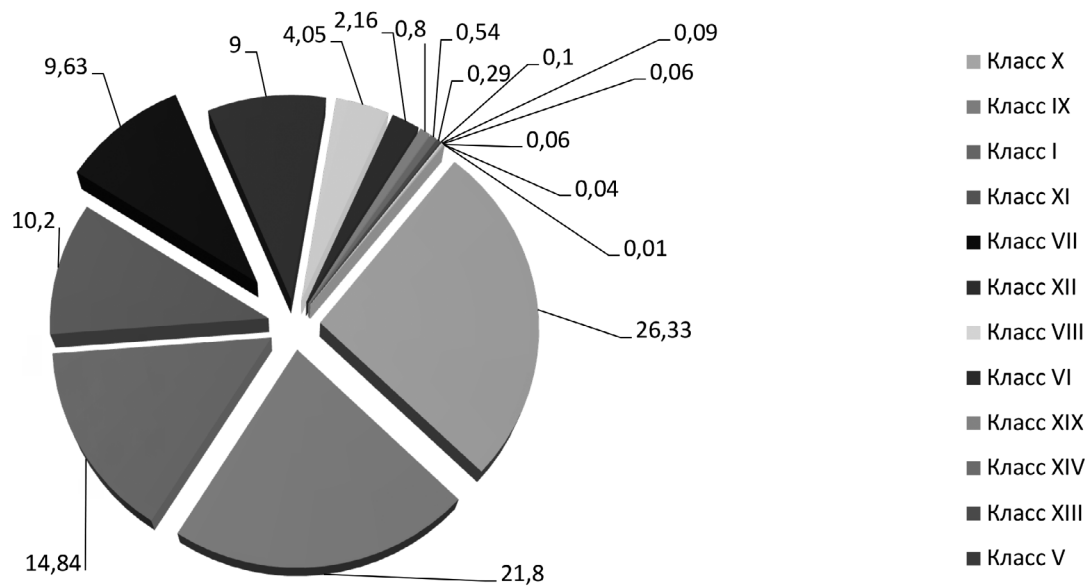


Рис. 1. Распределение показателей среднемноголетней заболеваемости взрослого населения архипелага Новая Земля в 2019–2022 гг. по основным классам МКБ-10 (%)

Fig. 1. Distribution of average annual morbidity rates for the adult population of the Novaya Zemlya archipelago in 2019–2022. by main ICD classes – 10 (%)

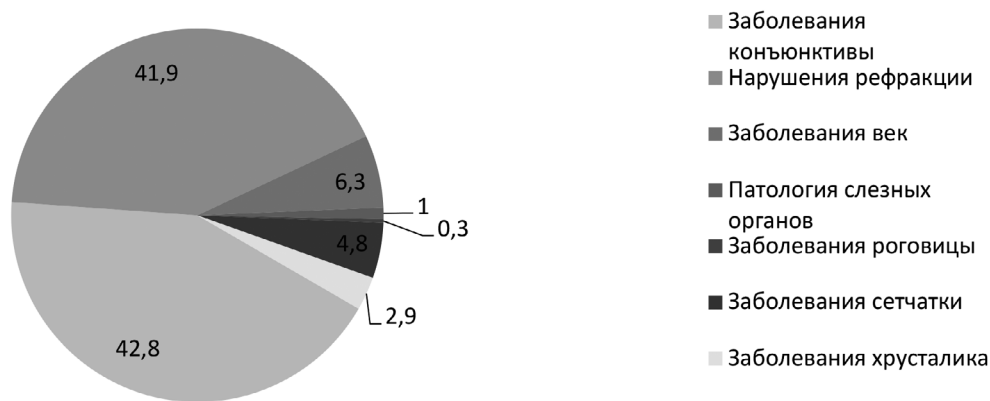


Рис. 2. Структура заболеваемости внутри VII класса МКБ-10 по нозологическим группам за 2019–2022 гг. (%)

Fig. 2. Structure of morbidity within ICD-10 class VII by nosological groups for 2019–2022 (%)

Таблица 2

Показатели заболеваемости по профилю офтальмология на архипелаге Новая Земля

Table 2

Показатель	Период наблюдения			
	2019 г.	2020 г.	2021 г..	2022 г.
Заболеваемость по офтальмологическому профилю (интенсивность), ‰	51,12	61,43	48,54	56,11
Распространенностьслучаев заболеваний офтальмологического профиля на 1000 человек	93,2	102,2	89,8	98,8
Патологическая пораженность (по офтальмологическому профилю), %	9,77	10,67	9,83	10,14
Индекс здоровья (по офтальмологическому профилю), %	90,23	89,33	90,17	89,86

Таблица 3

Ранжирование заболеваний органов зрения по группам нозологий

Table 3

Ranking of diseases of the visual organ by groups of nosologies

Группа нозологий	Заболевания и состояния	Период наблюдения				Всего
		2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	
Болезни глаза:		Количество случаев				
Сетчатка	ультрафиолетовая офтальмия	10	13	6	7	36
	нарушения темновой адаптации	3	3	1	0	7
Роговица	кератиты при гипо- и авитаминозах	1	1	1	0	3
Хрусталик	начальная возрастная катаракта	7	5	6	3	21
	осложненная катаракта	0	2	2	0	4
Рефракция	спазм аккомодации	25	26	24	29	104
	привычно-избыточное напряжение аккомодации	16	11	15	17	59
	миопия	51	52	55	54	212
Болезни вспомогательных органов глаза:						
Конъюнктивит	ксерофтальмия	2	3	3	2	10
	острые микробные конъюнктивиты	7	7	3	9	26
	острые вирусные конъюнктивиты	15	20	13	21	69
	хронические катаральные конъюнктивиты	61	77	66	74	278
Веки	ячмень	10	11	3	5	29
	абсцесс века	0	0	2	1	3
	блефарит простой	5	3	6	4	18
	халазион	1	2	0	3	6
Слезный аппарат	дакриoadенит	0	1	1	0	2
	каналикулит	2	1	1	1	5
	дакриоцистит	1	0	1	0	2

случаев. Третье место – мейбوميит – 56 (6,3 %) случаев. В ранжировке по частоте встречаемости четвертое место занимает патология сетчатки – 43 (4,8%) случая. Основную долю заболеваний сетчатой оболочки глаза составляет ультрафиолетовая офтальмия. Чаще всего это – снежная слепота – 36 (83,7) случаев. Распространенной патологией со стороны органа зрения являлись заболевания хрусталика – 25 (2,9 %) случаев. Патология слезных органов заняла предпоследнее место (1 %), а кератит при гиповитаминозе А оказался на последнем месте в ранжировке и стал самой редкой патологией со стороны органа зрения (0,3%).

Внутри VII класса МКБ-10 выделены наиболее актуальные нозологии в исследуемом периоде (рис. 3).

Все участники исследования были разделены на возрастные группы согласно классификации ВОЗ: 1-я возрастная группа ($n = 1629$) – от 18 до 44 лет включительно, 2-я возрастная группа ($n = 465$) – от 45 до 59 лет включительно, 3-я возрастная группа ($n = 234$) – 60 лет и старше.

Анализ распределения патологии офтальмологического профиля по возрастным группам (рис. 4) показывает, что наибольший уровень заболеваемости отмечается в 1-й возрастной группе (170,1 ‰).

Наиболее низкий уровень показателей заболеваемости по архипелагу Новая Земля в 3-й возрастной группе (46,4 ‰).

Обсуждение. По оценкам ВОЗ, в 2019–2022 гг. показатель заболеваемости россиян глазной патологией составляет около 33 ‰. На архи-

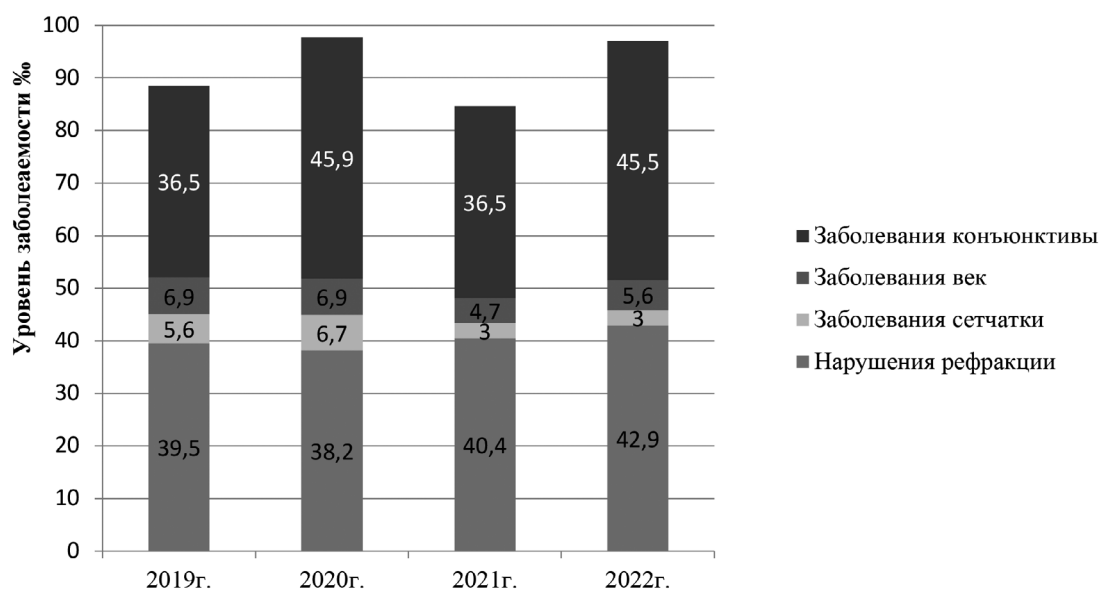


Рис. 3. Уровни заболеваемости по наиболее актуальным нозологиям внутри VII класса МКБ-10 за 2019–2022 гг.

Fig. 3. Incidence levels for the most current nosologies within class VII of ICD-10 for 2019–2022

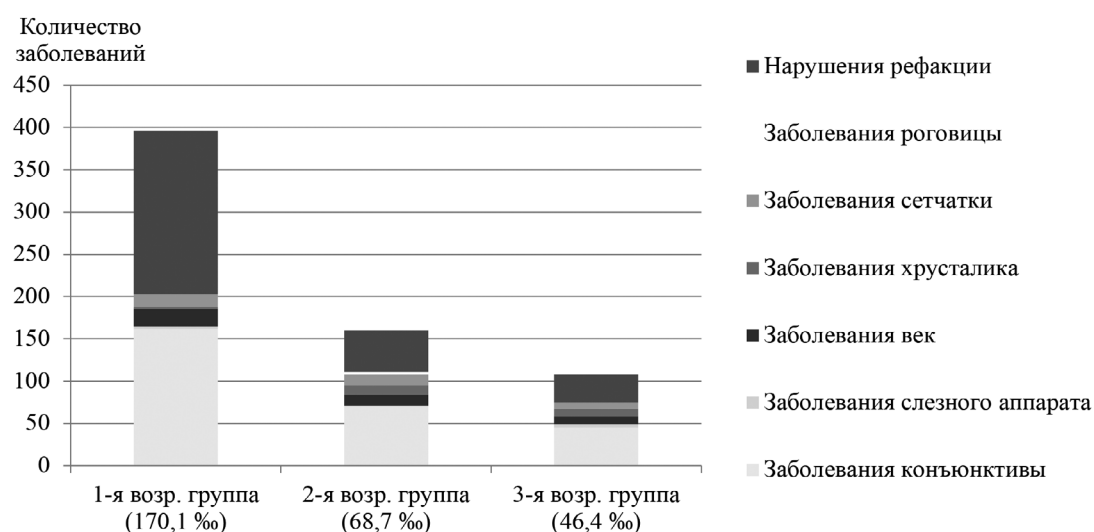


Рис. 4. Ранжирование количества случаев заболеваний органа зрения по возрастным группам

Fig. 4. Ranking of the number of cases of diseases of the organ of vision by age groups

пелаге Новая Земля за исследуемый период наименьшее значение этого показателя было отмечено в 2020 г. – 89,8 ‰, что на 56,8 ‰ выше общероссийского.

Высокий показатель патологии конъюнктивы можно объяснить тем, что при длительном контакте с холодом меняется структура слезной пленки и, как следствие, снижается ее функция как естественного защитного барьера на поверхности глаз. Из-за сильного ветра и холода повышается вязкость секрета мейбомиевых желез, покрывающего глазное

яблоко, в результате чего его концентрация в слезной жидкости снижается и глаз лишается защиты от воздействия ветра и патогенных микроорганизмов. В связи с закупоркой протоков мейбомиевых желез застывшим на холоде секретом зачастую развивается воспаление – мейбомииит.

В свою очередь, снижение остроты зрения, развитие спазма аккомодации и в перспективе ее привычно-избыточное напряжение являются следствием обострения восприятия яркого освещения от экранов телевизоров, мониторов

компьютеров в период полярной ночи. Совокупность таких показателей, как недостаточность естественной освещенности и длительная работа, связанная со зрительной активностью на близком расстоянии от глаз, является предрасполагающим фактором для развития необратимых нарушений рефракции – близорукости.

Основную долю заболеваний сетчатой оболочки глаза составляет ультрафиолетовая офтальмия и чаще всего это – снежная слепота – состояние, полученное в результате попадания в глаза отраженных от снега солнечных лучей и ультрафиолетового излучения. Как правило, она развивается в весенний или ранний летний период, когда еще лежит снег, а солнечная активность уже чрезвычайно высока.

Распространенной патологией со стороны органа зрения являлись заболевания хрусталика, что обусловлено возрастными особенностями гражданского персонала Министерства обороны Российской Федерации, проживающего на архипелаге Новая Земля. В основном сотрудниками являются лица активного зрелого возраста, характер работы которых предполагает постоянный контакт с источниками ионизирующего излучения.

В результате воздействия на орган зрения разнообразных раздражающих климатических факторов Крайнего Севера инициируется развитие патологии слезных органов. Вследствие воспаления слизистой оболочки век и канальцев развиваются конъюнктивиты, зачастую осложненные непроходимостью слезных канальцев.

Кератит при гиповитаминозе А – заболевание роговицы, обусловленное нарушением общих обменных процессов в организме и возникающее вследствие поступления недостаточного количества витаминов группы А.

Высокий уровень заболеваемости в 1-й возрастной группе происходит в основном за счет рефракционной патологии и заболеваний конъюнктивы, что можно объяснить активной профессиональной деятельностью. Стоит отметить, что в 1-ю возрастную группу включены и воен-

нослужащие по призыву, а вирусные конъюнктивиты часто протекают в виде эпидемических вспышек там, где скученность проживания создает предпосылки для распространения вирусных заболеваний. По сравнению с 1-й возрастной группой уровень заболеваемости по профилю офтальмология во 2-й возрастной группе ниже на 59,6 % (68,7 ‰), однако выше (33‰) общероссийского более чем в 2 раза, в 3-й возрастной группе ниже на 79 % (46,4 ‰), что все же выше на 28,9 % уровня заболеваемости по офтальмологическому профилю по России.

Закключение. Таким образом, по результатам проведенного исследования установлено, что в рассматриваемый период офтальмологическая заболеваемость взрослого населения архипелага Новая Земля занимает 5-е ранговое место по эпидемиологической значимости и в структуре представлена в основном заболеваниями конъюнктивы (42,8 %), нарушениями рефракции (41,9 %), заболеваниями век (6,3 %) и заболеваниями сетчатки (4,8 %). Ведущими факторами риска, провоцирующими развитие офтальмологической патологии в условиях Арктического региона, являются его климато-географические особенности: низкая отрицательная температура, стоковые ветра, повышенная влажность воздуха, недостаточность естественной освещенности, избыточность ультрафиолетового излучения, явления фотопериодизма [4, 5]. Процесс адаптации организма к экстремальным условиям Арктического региона приводит к глубокой перестройке всех регуляторных физиологических и обменных процессов [6, 7]. Климатогеографические условия, присущие исключительно Арктике, оказывают неблагоприятное воздействие на зрительный анализатор [8] и, являясь активным катализатором ряда патогенетических механизмов [9], способствуют рефракционным нарушениям, в том числе необратимым, возникновению и развитию воспалительных заболеваний глаза и его придаточного аппарата, а также патологии, в основе которой находятся отклонения в обменных процессах [10].

Сведения об авторах:

Мишин Илья Юрьевич – заведующий поликлиническим отделением, поликлиника № 104; 194214, Санкт-Петербург, ул. Сикейроса, д. 10; SPIN: 8569-2918; ORCID: 0009-0000-0981-8165; e-mail: ophthalmologiu@mail.ru

Алекперов Сергей Игоревич – кандидат медицинских наук, подполковник медицинской службы, начальник научно-исследовательского испытательного отдела Научно-исследовательского испытательного центра медико-биологической защиты, Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины; 195043, Санкт-Петербург, ул. Лесопарковая, д. 4; e-mail: sergalekperov@yandex.ru

Гананольский Вячеслав Павлович – доктор медицинских наук, доцент, полковник медицинской службы, начальник кафедры фармакологии, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; e-mail: ganvp@mail.ru

Сошкин Павел Александрович – кандидат медицинских наук, подполковник медицинской службы, начальник научно-исследовательского испытательного отдела Научно-исследовательского испытательного центра военной медицины и военно-медицинской техники, Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины; 195043, Санкт-Петербург, ул. Лесопарковая, д. 4; e-mail: soshkin-med@yandex.ru

Information about the authors:

Ilya Yu. Mishin – Head of the Outpatient Department of St. Petersburg State Budgetary Institution of Healthcare No. 104; 194214, Saint Petersburg, Siqueiros Str., 10; SPIN: 8569-2918; ORCID: 0009-0000-0981-8165; e-mail: ophthalmologiu@mail.ru

Sergey I. Alekperov – Cand. of Sci. (Med.), Lieutenant Colonel of the Medical Service, Head of the Research Testing Department of the Research Testing Center for Medical and Biological Defense, State Research Testing Institute of Military Medicine; 195043, Saint Petersburg, Lesoparkovaya Str., 4; e-mail: sergalekperov@yandex.ru

Vyacheslav P. Ganapolsky – Dr. of Sci. (Med.), Associate Professor, Colonel of the Medical Service, Head of the Department of Pharmacology, Military Medical Academy; 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; e-mail: ganvp@mail.ru

Pavel A. Soshkin – Cand. of Sci. (Med.), Lieutenant Colonel of the Medical Service, Head of the Research and Testing Department of the Research Testing Center for Military Medicine and Military Medical Equipment, State Research Testing Institute of Military Medicine; 195043, Saint Petersburg, Lesoparkovaya Str., 4; e-mail: soshkin-med@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 – И. Ю. Мишин, С. И. Алекперов, В. П. Гананольский, П. А. Сошкин; сбор данных – И. Ю. Мишин, С. И. Алекперов; статистическая обработка полученного материала – И. Ю. Мишин, С. И. Алекперов, П. А. Сошкин; подготовка рукописи – В. П. Гананольский, И. Ю. Мишин, С. И. Алекперов.

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: IYuM, SIA, VPG, PAS contribution to the concept and plan of the study; IYuM, SIA contribution to data collection; IYuM, SIA, PAS contribution to data analysis and conclusions; VPG, IYuM, SIA 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: 20.12.2024

Принята к печати/Accepted: 15.03.2025

Опубликована/Published: 30.03.2025

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Попова А. Ю. Гигиенические аспекты обеспечения безопасности здоровья человека при освоении и развитии Арктической зоны Российской Федерации. Проблемы сохранения здоровья и обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Арктике // *Материалы научно-практической конференции с международным участием*, Санкт Петербург: ФГБУ СЗНЦ гигиены и общественного здоровья. 2017. С. 5–7 [Popova A. Yu. Hygienic aspects of ensuring human health safety during the exploration and development of the Arctic zone of the Russian Federation. Problems of maintaining health and ensuring the sanitary and epidemiological well-being of the population in the Arctic. *Materials of a scientific-practical conference with international participation*. St. Petersburg: Federal State Budgetary Institution North-West Scientific Center of Hygiene and Public Health, 2017, pp. 5–7 (In Russ.)].
2. Турчинский В. И. Классификация основных факторов Крайнего Севера, оказывающих влияние на процесс адаптации и здоровье пришедшего человека // *Основные аспекты географической патологии на Крайнем Севере. Норильск*. 1976. С. 46–48 [Turchinsky V. I. Classification of the main factors of the Far North that influence the process of adaptation and the health of newcomers. *Main aspects of geographical pathology in the Far North*. Norilsk, 1976, pp. 46–48 (In Russ.)].
3. Бочаров М. И. Физиологические проблемы защиты человека от холода // *Научные доклады: серия препринтов*. Сыктывкар: Сыктывкарский университет. 2004. С. 34–45 [Bocharov M. I. Physiological problems of human protection from cold. *Scientific reports: series of preprints*. Syktyvkar: Syktyvkar University. 2004, pp. 34–45 (In Russ.)].
4. Шерстюков Б. Г. Климатические условия Арктики и новые подходы к прогнозу изменения климата. // *Арктика и Север*. 2016. № 24. С. 39–67 [Sherstyukov B. G. Climatic conditions of the Arctic and new approaches to forecasting climate change. *Arctic and North*, 2016, No. 24, pp. 39–67 (In Russ.)]. doi: 10.17238/issn2221-2698.2016.24.39
5. Хаснулин В. И. Введение в полярную медицину. Новосибирск: СО РАМН. 1998. 337 с. [Khasnulin V. I. Introduction to polar medicine. Novosibirsk: SO RAMS, 1998, 337 p. (In Russ.)].
6. Ткачев А. В., Добродеева Л. К., Бычкова В. А. Особенности здоровья человека на Севере. // *Север как объект комплексных региональных исследований*. Сыктывкар: ГПНТБ СО РАН. 2005. С. 151–177 [Tkachev A. V., Dobrodeeva

- L. K., Bychkova V. A. Features of human health in the North. *The North as an object of comprehensive regional research. Syktyvkar: State Public Scientific and Technical Library SB RAS*, 2005, pp. 151–177 (In Russ.).
7. Казначеев С. В., Стригин В. М. *Проблемы адаптации человека. Некоторые итоги и перспективы исследований*. Новосибирск: Институт клинической и экспериментальной медицины. 1978. 55 с. [Kaznacheev S. V., Strigin V. M. *Problems of human adaptation. Some results and prospects of research*. Novosibirsk: Institute of Clinical and Experimental Medicine, 1978, 55 p. (In Russ.).]
 8. Гудков А. Б., Попова О. Н., Лукманова Н. Б. Эколого-физиологическая характеристика климатических факторов Севера // *Экология человека*. 2012. № 1. С. 12–17 [Gudkov A. B., Popova O. N., Lukmanova N. B. Ecological and physiological characteristics of climatic factors in the North. *Human ecology*, 2012, No. 1, pp. 12–17 (In Russ.).]
 9. Солонин Ю. Г., Бойко Е. Р. Медико-физиологические аспекты жизнедеятельности в Арктике // *Арктика: экология и экономика*. 2015. № 1 (17). С. 70–75 [Solonin Yu.G., Boyko E.R. Medical and physiological aspects of life in the Arctic. *Arctic: ecology and economics*, 2015, No. 1 (17), pp. 70–75 (In Russ.).]
 10. Лимаев В. В., Лимаева Ж. В. Влияние экологии региона Крайнего Севера на здоровье населения // *Профессиональное образование арктических регионов*. 2018. № 3. С. 39–42 [Limaev V. V., Limaeva Zh. V. The influence of the ecology of the Far North region on public health. *Professional education of the Arctic regions*, 2018, No. 3, pp. 39–42 (In Russ.).]

ПРОБЛЕМЫ НОРМАТИВНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБИТАЕМОСТИ И БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА НА АТОМНЫХ МОРСКИХ ОБЪЕКТАХ: АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Д. В. Арефьева*, Ю. В. Грабский, Д. Ю. Рогованов, Н. А. Кожухова, А. А. Шаяхметова
Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины Федерального
медико-биологического агентства, Санкт-Петербург, Россия

ЦЕЛЬ. Проанализировать особенности и проблемные вопросы нормативного обеспечения обитаемости и безопасных условий труда на атомных морских объектах (атомные ледоколы, суда атомного технологического обслуживания и плавучие атомные электростанции) на всех этапах их жизненного цикла: от проектирования до вывода из эксплуатации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Изучены действующие документы системы государственного санитарно-эпидемиологического нормирования в области обеспечения безопасных условий труда персонала, радиационной безопасности, обитаемости атомных морских объектов при их проектировании, строительстве, эксплуатации, выводе из эксплуатации, требования к защите населения и окружающей среды, а также проектная документация на их строительство и утилизацию.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Выявлена необходимость устранения разночтений в действующих нормативных документах по обеспечению радиационной безопасности при проектировании, строительстве, эксплуатации, выводе из эксплуатации атомных морских объектов. Установлено, что часть санитарных правил в этой области требует пересмотра, а часть – разработки. Определены актуальные направления нормирования факторов обитаемости рассматриваемых судов.

ОБСУЖДЕНИЕ. Для обеспечения стабильного уровня безопасности эксплуатации атомных морских объектов в целях реализации стратегических направлений развития Арктической зоны Российской Федерации необходимо своевременное выявление рисков ущерба здоровью персонала. В статье обоснована необходимость актуализации нормативно-правовой базы, содержащей санитарно-эпидемиологические, организационные и технические требования к обеспечению безопасности персонала и населения, а также к защите окружающей среды на различных этапах жизненного цикла атомных морских объектов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, атомные ледоколы, плавучие атомные электростанции, суда атомного технологического обслуживания, обитаемость, безопасные условия труда, нормативно-правовое обеспечение

* Для корреспонденции: Арефьева Дарья Владимировна, e-mail: arefjeva.dv@yandex.ru

* For correspondence: Darya V. Arefyeva, e-mail: arefjeva.dv@yandex.ru

Для цитирования: Арефьева Д. В., Грабский Ю. В., Рогованов Д. Ю., Кожухова Н. А., Шаяхметова А. А. Проблемы нормативного обеспечения обитаемости и безопасных условий труда на атомных морских объектах: аналитическое исследование // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 5. С. 96–103, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-96-103>; EDN: <https://elibrary.ru/IHEFKI>

For citation: Arefyeva D. V., Grabsky Yu. V., Rogovanov D. Yu., Kozhukhova N. A., Shayakhmetova A. A. Problems of regulatory support of habitability and safe working conditions at nuclear offshore facilities: analytical study // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, № 1. P. 96–103, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-96-103>; EDN: <https://elibrary.ru/IHEFKI>

© 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>

PROBLEMS OF REGULATORY SUPPORT OF HABITABILITY AND SAFE WORKING CONDITIONS AT NUCLEAR OFFSHORE FACILITIES: ANALYTICAL STUDY

Darya V. Arefyeva, Yuri V. Grabsky, Dmitry Yu. Rogovanov, Natalia A. Kozhukhova, Alfiya A. Shayakhmetova*

Research Institute of Industrial and Marine Medicine of Federal Medical and Biological Agency, St. Petersburg, Russia

OBJECTIVE. Analyze the specifics and problematic issues of regulatory support for habitability and safe working conditions at nuclear-powered offshore facilities (nuclear icebreakers, nuclear service vessels and floating nuclear power plants) at all stages of their life cycle: from design to decommissioning.

MATERIALS AND METHODS. The current documents of the state sanitary and epidemiological standardization system in the field of ensuring safe working conditions for personnel, radiation safety, habitability of nuclear marine facilities during their design, construction, operation, decommissioning, requirements for the protection of the public and the environment, as well as design documentation for their construction and utilization were studied.

RESULTS. The need to eliminate discrepancies in the current regulatory documents on radiation safety during design, construction, operation, and decommissioning of nuclear offshore facilities has been identified. It is established that a part of sanitary rules in this area requires revision, and a part - development. The actual directions of standardization of habitability factors for the ships under consideration have been determined.

DISCUSSION. To ensure a stable safety level of operating nuclear marine facilities in order to implement the strategic directions of development of the Arctic zone of the Russian Federation, it is necessary to timely identify the risks of damage to the health of personnel. The article substantiates the need to update the regulatory and legal framework containing sanitary and epidemiological, organizational and technical requirements to ensure the safety of personnel and population, as well as environmental protection at various stages of the life cycle of nuclear offshore facilities.

KEYWORDS: marine medicine, nuclear icebreakers, floating nuclear power plants, nuclear service vessels, habitability, safe working conditions, regulatory support

Введение. Реализация Основ государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 г. и Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 г.¹ предусматривает развитие инфраструктуры и интенсификацию промышленного использования Северного морского пути. Это, в свою очередь, требует увеличения объемов строительства и ремонта атомных морских объектов [1, 2].

Проектирование, строительство и эксплуатация судов с ядерными энергетическими установками (ЯЭУ), плавучих атомных электростанций (АЭС) относятся к числу приоритетных инвестиционных проектов развития Арктического региона. На данные объекты возлагаются задачи по увеличению грузопотока по Северному морскому пути и обеспечению электроэнергией разработок месторождений полезных ископаемых. Эти задачи напрямую

связаны с реализацией национальных интересов Российской Федерации в Мировом океане, изложенных в Морской доктрине, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 31 июля 2022 г. № 512².

Ледокольное обеспечение проводки судов в акватории Северного морского пути в настоящее время производится семью атомными ледоколами. В последние годы ведется активное строительство серийных универсальных атомных ледоколов проекта 22220. Конструкция данных ледоколов за счет возможности изменения осадки расширяет регион их эксплуатации в сравнении с предшественниками (ледоколы класса «Арктика» – арктические воды, класса «Таймыр» – устья полярных рек) и позволяет использовать их для круглогодичной самостоятельной проводки крупнотоннажных судов в Арктике на трассе Северного морского пути с заходом в устья рек. Помимо этого, в настоящее время осуществляется строительство

¹Указ Президента Российской Федерации от 26.10.2020 г. № 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года

²Указ Президента Российской Федерации от 31.07.2022 г. № 512 «Об утверждении Морской доктрины Российской Федерации»

головного ледокола Северного морского пути проекта 10510, оснащенного более мощной ЯЭУ «РИТМ-400», ввод в эксплуатацию которого ожидается в 2030 г.

Грузопоток на трассе Северного морского пути в 2023 г. достиг рекордных 36,25 млн тонн. Основным целевым показателем развития Северного морского пути является увеличение грузопотока к 2035 г. до 220 млн тонн [3, 4].

Освоение и разработка месторождений полезных ископаемых в Арктике требуют обеспечения электроэнергией. Эту проблему помогают решать плавучие АЭС. В 2019 г. введена в промышленную эксплуатацию первая в мире плавучая атомная теплоэлектростанция «Академик Ломоносов». С 2020 г. она успешно эксплуатируется в г. Певеке, обеспечивая его электроэнергией и теплом вместо выводимой из эксплуатации Билибинской АЭС. В рамках реализации комплексного плана инвестиционного проекта по освоению Баимской рудной зоны в 2021 г. ФГУП «Атомфлот» и ООО «ГПД Баимская» подписали предварительное соглашение о поставке электроэнергии для обеспечения работы Баимского горно-обогатительного комбината. К 2028 г. планируется ввод в эксплуатацию первого модернизированного плавучего энергоблока с реакторной установкой «РИТМ-200» в районе мыса Наглейный [5].

Использование плавучих АЭС позволяет оптимизировать затраты на строительство и эксплуатацию традиционных электростанций, а также снизить негативное воздействие на окружающую среду. Кроме того, такие станции обладают высокой степенью автоматизации и физической безопасности, что делает их привлекательным вариантом для решения задач энергоснабжения удаленных и труднодоступных районов. В связи с этим ведутся работы по разработке новых проектов плавучих АЭС с реакторными установками «РИТМ-400» для их размещения в арктических регионах Российской Федерации и с реакторными установками «РИТМ-200» для тропических регионов (предназначенных для международного рынка).

В целях обеспечения полного комплекса работ на плавучих АЭС по перезарядке ядерных реакторов атомных ледоколов и плавучих АЭС начато строительство многофункционального судна атомного технологического обслуживания (АТО) [6].

Таким образом, в настоящее время развитие Арктической зоны Российской Федерации невозможно представить без атомных морских объектов, что требует обеспечения стабильного уровня надежности, безопасности и эффективности их эксплуатации. Следует отметить, что планируемое увеличение не только количества судов, но и мощности используемых на них ЯЭУ, актуализирует вопросы обеспечения безопасности персонала рассматриваемых объектов и населения, проживающего в районе их расположения.

К настоящему времени накоплен значительный опыт эксплуатации атомных морских объектов на всех этапах их жизненного цикла, который регулируется устаревшими нормативными документами (разработаны более 20 лет назад). Отмена (прекращение действия на территории Российской Федерации) ряда санитарных норм и правил создает существенные пробелы в нормативном регулировании условий труда на рабочих местах персонала. Все это делает актуальной задачу разработки нормативных документов, соответствующих современному уровню развития морской техники.

Цель. Проанализировать особенности и проблемные вопросы нормативного обеспечения обитаемости и безопасных условий труда на атомных морских объектах (атомные ледоколы, суда атомного технологического обслуживания и плавучие атомные электростанции) на всех этапах их жизненного цикла: от проектирования до вывода из эксплуатации.

Материалы и методы. Проведен анализ следующих источников информации:

- нормативные документы (санитарные правила) системы государственного санитарно-эпидемиологического нормирования в области обеспечения безопасных условий труда персонала, обитаемости атомных морских объектов при их проектировании, строительстве, эксплуатации, выводе из эксплуатации, требования к защите населения и окружающей среды;
- проектная документация на строительство атомных ледоколов проекта 22220 и «Лидер», плавучих АЭС проектов 20871, 23870, 20873, 20870;
- проектная документация на утилизацию судов АТО (плавучая техническая база (ПТБ) «Лепсе», ПТБ «Осетия», ПТБ «Лотта», ПТБ «Володарский»).

Результаты. Работы по экспертной оценке проектной документации на строительство атомных морских объектов и разработке санитарно-гигиенических требований к обеспечению безопасных условий труда и обитаемости на различных этапах жизненного цикла этих объектов осуществляются Институтом более 50 лет. Традиционно особое внимание уделялось радиационному фактору, остальные факторы нормировались в соответствии с действовавшими на тот момент гигиеническими нормативами. На основании накопленного опыта специалистами института в начале 2000-х годов были разработаны и впоследствии внедрены в практику регулирования радиационной безопасности Санитарные правила СП 2.6.1.45-03 «Обеспечение радиационной безопасности при проектировании, строительстве, эксплуатации и выводе из эксплуатации атомных теплоэлектростанций малой мощности на базе плавучего энергетического блока» (СП АТЭС-2003)³, Санитарные правила СП 2.6.1.2040-05 «Обеспечение радиационной безопасности при проектировании, строительстве, эксплуатации и выводе из эксплуатации атомных судов» (СП РБ АС-2005)⁴, а также Санитарные правила СП 2.6.1.11-02 «Обеспечение радиационной безопасности при проектировании, строительстве, эксплуатации и утилизации судов атомно-технологического обслуживания» (СП-САТО-2001)⁵.

Необходимо отметить, что санитарные правила СП АТЭС-2003 разрабатывались на этапе проектирования радиационно опасного объекта, опыт строительства и эксплуатации подобных кото-

рому в то время отсутствовал. С момента разработки СП РБ АС-2005 введено в эксплуатацию несколько атомных судов с более мощными ЯЭУ.

Часть требований указанных выше санитарных правил являются неактуальными в связи с изменениями технических решений при проектировании и строительстве атомных морских объектов. Это относится к хранению новых тепловыделяющих сборок на борту судна; технологии обращения с твердыми радиоактивными отходами, которая не предусматривает образование и хранение на борту среднеактивных твердых радиоактивных отходов; возможности переноса жилых помещений в береговые сооружения; увеличения мощности реакторных установок судов; установки нескольких плавучих АЭС в одном месте и т. д.

Проведенный анализ показал необходимость устранения разночтений в действующих нормативных документах для проектных значений мощностей доз внешнего гамма-нейтронного излучения в помещениях зон контролируемого доступа и зон свободного режима при номинальной мощности реакторных установок.

Опыт применения санитарных правил при рассмотрении конструкторской документации на соответствие требованиям санитарно-эпидемиологического законодательства показал, что необходимо четко обозначить направления, требующие согласования на этапах проектирования объектов.

Необходимо детально проработать предъявляемые требования к категории радиационной опасности плавучих АЭС с учетом одновременного размещения нескольких таких объектов в одном районе, а также увеличения мощности их энергетических установок. В соответствии с требованиями СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)»⁶, реализация такого решения диктует установление квот во избежание превышения допустимых доз облучения для жителей близлежащих населенных пунктов.

Пересмотр, дополнение и разработка требований санитарных правил необходимы также по следующим направлениям:

³Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28 октября 2003 г. № 158 «О введении в действие Санитарных правил СП 2.6.1.45-03 «Обеспечение радиационной безопасности при проектировании, строительстве, эксплуатации и выводе из эксплуатации атомных теплоэлектростанций малой мощности на базе плавучего энергетического блока (СП АТЭС-2003)»

⁴Постановление Главного государственного санитарного врача от 28 декабря 2005 г. № 36 «Об утверждении санитарных правил СП 2.6.1.2040-05 «Обеспечение радиационной безопасности при проектировании, строительстве, эксплуатации и выводе из эксплуатации атомных судов» (СП РБ АС-2005)

⁵Санитарные правила СП 2.6.1.11-02 «Обеспечение радиационной безопасности при проектировании, строительстве, эксплуатации и утилизации судов атомно-технологического обслуживания» (СП-САТО-2001) (утверждены и введены в действие Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 16 апреля 2002 г., регистрационный № 11-02)

⁶Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 26 апреля 2010 г. № 40 «Об утверждении санитарных правил СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)»

- оснащение системы осушения помещений и системы спецканализации;
- состав задач, выполняемых системой радиационного контроля;
- оснащение и компоновка помещений санпропускника;
- наличие технических средств в запасном (аварийном) выходе из помещений контролируемой зоны;
- система вентиляции (в частности, требования к конструктивной высоте труб выброса, к диапазонам разрежения и кратности воздухообмена в постоянно или периодически обслуживаемых помещениях контролируемой зоны и зоны контролируемого доступа, к кратности воздухообмена для необслуживаемых помещений контролируемой зоны при проведении там регламентных работ при неработающей реакторной установке);
- система контроля разрежения в помещениях защитного ограждения;
- требования к помещениям, находящимся в защитном ограждении, в том числе требования и рекомендации по отоплению помещений в защитном ограждении.

В новой редакции нормативных документов по обеспечению радиационной безопасности необходимо учесть опыт утилизации атомных морских объектов, который на момент разработки санитарных правил отсутствовал. В последнее десятилетие несколько судов АТО, кораблей и судов с ЯЭУ были утилизированы из-за истечения срока их эксплуатации. Первоначальный подход к утилизации предполагал формирование блоков, имеющих радиоактивное загрязнение, по внешнему корпусу судна и был успешно реализован на судах АТО в последние 10–15 лет. Для утилизации атомных ледоколов из-за высокой стоимости проекта и отсутствия соответствующего дока была разработана альтернативная схема, которая предполагала выгрузку всего реакторного оборудования по частям в блок-упаковку с сохранением корпуса судна. Данный подход успешно реализован и показал свою эффективность при утилизации ледокола «Сибирь» [7]. При этом при разработке требований по обеспечению радиационной безопасности при выводе из эксплуатации атомного судна в СП РБ АС-2005 учитывался следующий вариант: демонтаж и захоронение реакторной установки крупным блоком без длительной выдержки, в связи с чем необходим пересмотр ука-

занных требований с учетом опыта утилизации объектов по альтернативной схеме.

Вышеперечисленные проблемы нормативно-правового обеспечения работ при проектировании, строительстве, эксплуатации и выводе из эксплуатации атомных морских объектов актуальны и в связи с проводимыми работами по обновлению российского законодательства в области обеспечения радиационной безопасности, основу которой составляют документы, разработанные более 10 лет назад (СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)»⁷, СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)»).

В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 13 октября 2018 г. № 585 «Об утверждении Основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу»⁸ одним из основных направлений реализации государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности является совершенствование нормативно-правовой базы. Первоначально планируется внесение изменений в Федеральный закон «О радиационной безопасности населения»⁹, что потребует введения новых терминов и нормативов в области обеспечения радиационной безопасности, а также современных подходов к дозиметрическому контролю [8, 9].

Кроме вопросов, касающихся обеспечения радиационной безопасности, актуальным является и разработка требований к физическим нерадиационным факторам среды обитания персонала рассматриваемых судов.

Для плавучих АЭС отсутствуют нормативные документы, содержащие санитарно-эпидемиологические требования по обеспечению безопасных условий труда персонала и факторов обитаемости станции (шум, вибрация,

⁷Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 7 июля 2009 г. № 47 «Об утверждении санитарных правил СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)»

⁸Указ Президента Российской Федерации от 13.10.2018 г. № 585 «Об утверждении Основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу»

⁹Федеральный закон от 09.01.1996 № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения»

микроклимат и пр.). В настоящее время при разработке проектной документации используются СП 2.5.3650-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к отдельным видам транспорта и объектам транспортной инфраструктуры»¹⁰, область применения которых не распространяется на подобные объекты.

Помимо этого, возникают проблемы с нормативно-правовым регулированием требований к проектированию атомных ледоколов. Несмотря на то что санитарные правила СП 2.5.3650-20 распространяются на данные объекты, в них отсутствует ряд основополагающих гигиенических требований, реализация которых способствует сохранению здоровья экипажа, например:

- нормы расчета площади судовых помещений;
- требования к размещению оборудования на камбузе, которое бы позволяло исключить возможность пересечения потоков сырых и готовых продуктов, что создает дополнительные риски загрязнения продовольственного (пищевого) сырья и пищевой продукции;
- расчетные площади кладовых и регламентируемые температурные режимы хранения продуктов;
- требования к размещению помещений медицинского назначения в месте на судне, наименее подверженном качке, шуму, вибрации, максимально удаленном от энергетического отделения и изолированном от пищеблока, а также требования по оборудованию изолятора;
- нормативы по кратности воздухообмена в судовых помещениях, параметрам микроклимата для медицинских помещений, освещенности в помещениях пищеблока.

На практике допускается отсутствие естественного освещения в жилых помещениях, что в условиях длительного автономного плавания на атомных ледоколах может привести к неблагоприятному воздействию на психоэмоциональное состояние и зрение человека (автономность плавания по запасам провизии составляет до шести месяцев).

Стоит отметить, что вышеуказанные требования были представлены в документах санитарно-эпидемиологического нормирования,

таких как Санитарные правила для морских судов СССР № 2641-82 (утверждены Главным государственным санитарным врачом СССР 21.12.1982, действие на территории Российской Федерации приостановлено), Санитарные правила и нормы СанПиН 2.5.2-703-98 «Суда внутреннего и смешанного (река–море) плавания» (отменены). Часть из них (например, расчет площади судовых помещений, кладовых, температурный режим в них) до сих пор используются проектировщиками как справочная информация при разработке проектов судов.

Нерешенным остается вопрос нормирования уровней нерадиационных факторов среды обитания (производственной среды) в помещениях непостоянного пребывания персонала как на плавучих АЭС, так и на атомных ледоколах (контролируемая зона, зона контролируемого доступа). При этом несоответствие уровней освещенности и шума на указанных рабочих местах гигиеническим нормативам может привести к вынужденному увеличению времени выполнения радиационно-опасных работ и повышению индивидуальной эффективной дозы облучения персонала [10, 11].

Обсуждение. С учетом накопленного опыта медико-гигиенического сопровождения атомных морских объектов на всех этапах их жизненного цикла необходим пересмотр требований по обеспечению безопасных условий труда персонала, обитаемости данных объектов при их проектировании, строительстве, эксплуатации, выводе из эксплуатации и утилизации, а также требований к защите населения и окружающей среды. Необходимо также рассмотреть вопрос о включении в разрабатываемые документы санитарно-эпидемиологических требований к условиям обитаемости на этапе проектирования и эксплуатации атомных морских объектов.

Это позволит:

- оптимизировать затраты судостроителей на обеспечение безопасных условий труда персонала создаваемых объектов за счет реализации необходимых конструктивно-технологических решений уже на этапе проектирования;
- повысить объективность оценок по направлению «обитаемость и радиационная безопасность» на этапе приемо-сдаточных испытаний;
- предотвратить расходы на оказание медицинской помощи и эвакуацию с борта судна за счет минимизации риска нарушений здоровья у персонала в рейсе;

¹⁰Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 16 октября 2020 г. № 30 «Об утверждении санитарных правил СП 2.5.3650-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к отдельным видам транспорта и объектам транспортной инфраструктуры»

- обеспечить профессиональное долголетие персонала атомных морских объектов.

Заключение. Выявлена необходимость устранения разночтений в действующих нормативных документах по обеспечению радиационной безопасности при проектировании, строительстве, эксплуатации, выводе из эксплуатации атомных морских объектов. Установлено, что часть санитарных правил в этой области требует пересмотра, а часть – разработки. Определены актуальные направления нормирования факторов обитаемости рассматриваемых судов.

Указанные задачи могут быть устранены путем проведения комплексных исследований по выявлению и оценке влияния факторов

среды обитания и условий труда персонала и разработки санитарно-эпидемиологических требований предотвращения их вредного воздействия на здоровье, в том числе установление оснований, при наличии которых требуются расчет и оценка риска для здоровья человека. Данные задачи могут быть решены ведущими учреждениями в сфере морской медицины и гигиены труда (в том числе радиационной).

От своевременности решения представленных задач будет зависеть не только безопасность труда и здоровье персонала указанных объектов и населения, проживающего в районе их расположения, но и реализация стратегических направлений развития Арктической зоны Российской Федерации.

Сведения об авторах:

Арефьева Дарья Владимировна – и. о. заведующего лабораторией № 1, Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины Федерального медико-биологического агентства; 196143, Санкт-Петербург, Юрия Гагарина пр., д. 65, лит. А; SPIN: 5579-3460; ORCID: 0000-0002-3879-8594; e-mail: arefjeva.dv@yandex.ru

Грабский Юрий Валентинович – кандидат медицинских наук, врио директора, Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины Федерального медико-биологического агентства; 196143, Санкт-Петербург, Юрия Гагарина пр., д. 65, лит. А; SPIN: 3393-6531; ORCID: 0000-0002-8563-3290; e-mail: yugrabsky@yandex.ru

Рогованов Дмитрий Юрьевич – кандидат медицинских наук, заместитель директора по научной работе, Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины Федерального медико-биологического агентства; 196143, Санкт-Петербург, Юрия Гагарина пр., д. 65, лит. А; SPIN: 3153-4647; ORCID: 0000-0002-2944-7733; e-mail: rdy-71@mail.ru

Кожухова Наталья Александровна – и. о. заведующего лабораторией № 2, Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины Федерального медико-биологического агентства; 196143, Санкт-Петербург, Юрия Гагарина пр., д. 65, лит. А; SPIN: 8407-3272; ORCID: 000-0002-6223-0173; e-mail: lab2niipmm@ya.ru

Шаяхметова Альфия Азгаровна – научный сотрудник лабораторией № 1, Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины Федерального медико-биологического агентства; Россия, 196143, Санкт-Петербург, Юрия Гагарина пр., д. 65, лит. А; SPIN: 7630-3192; ORCID: 0000-0002-6751-8977; e-mail: shalfiya@inbox.ru

Information about the authors:

Darya V. Arefyeva – Acting Head of Laboratory No. 1, Scientific Research Institute of Industrial and Marine Medicine of the Federal Medical and Biological Agency; 196143, Saint Petersburg, Yuri Gagarin Ave, 65, Lit. A; SPIN: 5579-3460; ORCID: 0000-0002-3879-8594; e-mail: arefjeva.dv@yandex.ru

Yuri V. Grabsky – Cand. of Sci. (Med.), Acting Director, Scientific Research Institute of Industrial and Marine Medicine of the Federal Medical and Biological Agency; 196143, Saint Petersburg, Yuri Gagarin Ave, 65, Lit. A; SPIN: 3393-6531; ORCID: 0000-0002-8563-3290; e-mail: yugrabsky@yandex.ru

Dmitry Yu. Rogovanov – Cand. of Sci. (Med.), Deputy Director for Scientific Work, Scientific Research Institute of Industrial and Marine Medicine of the Federal Medical and Biological Agency; 196143, Saint Petersburg, Yuri Gagarin Ave, 65, Lit. A; SPIN: 3153-4647; ORCID: 0000-0002-2944-7733; e-mail: rdy-71@mail.ru

Natalia A. Kozhukhova – Acting Head of Laboratory No. 2, Scientific Research Institute of Industrial and Marine Medicine of the Federal Medical and Biological Agency; 196143, Saint Petersburg, Yuri Gagarin Ave, 65, Lit. A; SPIN: 8407-3272; ORCID: 000-0002-6223-0173; e-mail: lab2niipmm@ya.ru

Alfiya A. Shayakhmetova – Researcher at Laboratory No. 1, Scientific Research Institute of Industrial and Marine Medicine of the Federal Medical and Biological Agency; Russia, 196143, Saint Petersburg, Yuri Gagarin Ave, 65, Lit. A; SPIN: 7630-3192; ORCID: 0000-0002-6751-8977; e-mail: shalfiya@inbox.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 – Д. В. Арефьева, Н. А. Кожухова. Сбор данных – Д. В. Арефьева, Н. А. Кожухова, А. А. Шаяхметова. Подготовка рукописи – Д. В. Арефьева, Ю. В. Грабский, Д. Ю. Рогованов, Н. А. Кожухова, А. А. Шаяхметова. Общая редакция – Ю. В. Грабский, Д. Ю. Рогованов.

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: DVA, NAK contribution to the concept and plan of the study; DVA, NAK, AASh contribution to data collection; DVA, YuVG, DYuR, NAK, AASh contribution to the preparation of the manuscript; YuVG, DYuR the general editors.

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 № 388-00089-24-00 от 29.12.2023.

Funding: The study was conducted according to state assignment No. 388-00089-24-00 dated 12/29/2023.

Поступила/Received: 18.10.2024

Принята к печати/Accepted: 15.03.2025

Опубликована/Published: 30.03.2025

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Лапин Н. С. Северный морской путь как международная транспортная магистраль // *Вестник академии*. 2020. № 3. С. 111–126 [Lapin N. S. The Northern Sea Route as an international transport highway. *Bulletin of the Academy*, 2020, No. 3, pp. 111–126 (In Russ.)].
2. Журавель В. П., Назаров В. П. Северный морской путь: настоящее и будущее // *Вестник Московского государственного областного университета (электронный журнал)*. 2020. № 2. URL: www.evestnik-mgou.ru [Juravel V. P., Nazarov V. P. Northern Sea Route: Present and Future. *Bulletin of Moscow Region State University (e-journal)*, 2020, No. 2. Available at: www.evestnik-mgou.ru (In Russ.)].
3. Алексушин Г. В. Развитие атомного ледокольного флота и его роли в экономическом освоении Северного морского пути // *Арктика и Север*. 2023. № 53. С. 28–35 [Aleksushin G. V. Development of the nuclear icebreaking fleet and its role in the economic development of the Northern Sea Route. *The Arctic and the North*, 2023, No. 53, pp. 28–35 (In Russ.)].
4. Волкова А. А. Перспективные направления развития транспортно-логистической инфраструктуры Северного морского пути // *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент*. 2024. Т. 14, № 1. С. 133–142 [Volkova A. A. Promising directions for the development of transport and logistics infrastructure of the Northern Sea Route. *Proceedings of the Southwestern State University. Series: Economics. Sociology. Management*, 2024, Vol. 14, No. 1, pp. 133–142 (In Russ.)].
5. Новак А. Северный морской путь: дорога будущего // *Энергетическая политика*. 2023. № 4 (182). С. 12–17 [Novak A. The Northern Sea Route: the road of the future. *Energy Policy*, 2023, No. 4 (182), pp. 12–17].
6. Арефьева Д. В., Грабский Ю. В., Шаяхметова А. А., Кожухова Н. А. Перспективные направления совершенствования системы обеспечения радиационной безопасности при проектировании, строительстве, эксплуатации и выводе из эксплуатации атомных объектов морской техники // Проблемы сохранения здоровья и обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Арктике: Материалы IV международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 19–20 октября 2023 года. Санкт-Петербург: Издательско-полиграфическая компания «Коста»; 2023. С. 17–22 [Arefyeva D. V., Grabsky Yu. V., Shayakhmetova A. A., Kozhukhova N. A. Promising directions for improving the radiation safety system in the design, construction, operation and decommissioning of nuclear facilities of marine equipment / Problems of preserving health and ensuring sanitary and epidemiological well-being of the population in the Arctic: Materials of the IV International Scientific and practical conference, St. Petersburg, October 19–20, 2023. St. Petersburg: Publishing and printing company «Kosta»; 2023, pp. 17–22 (In Russ.)].
7. Бордученко Ю. Л., Малыгин И. Г., Каминский В. Ю., Аксенов В. А. Атомный ледокольный флот России в первой четверти XXI века. Задачи и перспективы освоения Северного морского пути // *Морские интеллектуальные технологии*. 2021. № 2–1(52). С. 14–25 [Borduchenko Yu. L., Malygin I. G., Kaminsky V. Yu., Aksenov V. A. The nuclear icebreaking fleet of Russia in the first quarter of the XXI century. Tasks and prospects of the development of the Northern Sea Route. *Marine intelligent technologies*, 2021, No. 2–1(52), pp. 14–25 (In Russ.)]. doi: 10.37220/MIT.2021.52.2.001.
8. Самойлов А. С., Кочетков О. А., Клочков В. Н., Барчуков В. Г., Шинкарев С. М. Основные направления совершенствования действующих норм и правил обеспечения радиационной безопасности. Часть 1. Масштаб проблемы и пути ее решения // *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. 2023. Т. 68, № 4. С. 14–19 [Samoilov A. S., Kochetkov O. A., Klochkov V. N., Barchukov V. G., Shinkarev S. M. The main directions of improving the current norms and rules for ensuring radiation safety. Part 1. The scale of the problem and ways to solve it. *Medical radiology and radiation safety*, 2023, Vol. 68, No. 4, pp. 14–19 (In Russ.)]. doi: 10.33266/1024-6177-2023-68-4-14-19.
9. Кочетков О. А., Клочков В. Н., Самойлов А. С., Шандала Н. К., Барчуков В. Г., Шинкарев С. М. Общие принципы правового и нормативно-методического регулирования радиационной безопасности // *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. 2022. Т. 67, № 1. С. 19–26 [Kochetkov O. A., Klochkov V. N., Samoilov A. S., Shandala N. K., Barchukov V. G., Shinkarev S. M. General principles of legal and regulatory and methodological regulation of radiation safety. *Medical radiology and radiation safety*, 2022, Vol. 67, No. 1, pp. 19–26 (In Russ.)]. doi: 10.12737/1024-6177-2022-67-1-19-26.
10. Арефьева Т. И., Тесакова Н. Д., Алексеева В. Р. Факторы среды обитания, воздействующие на экипаж при работе атомного ледокола «50 лет победы» на трассе Северного морского пути // *Медицина экстремальных ситуаций*. 2009. Т. 4. С. 42–54 [Arefyeva T. I., Tesakova N. D., Alekseeva V. R. Environmental factors affecting the crew during operation of the nuclear icebreaker «50 years of Victory» on the route of the Northern Sea Route. *Emergency medicine*, 2009, Vol. 4, pp. 42–54 (In Russ.)].
11. Оптимизация радиационной защиты при контроле облучения персонала / Серия докладов по безопасности, № 21. Вена: МАГАТЭ; 2003 [Optimization of radiation protection in the control of personnel exposure / Series of Safety Reports, No. 21. Vienna: IAEA; 2003 (In Russ.)].

ОЦЕНКА МИКРОЧАСТИЦ В КОНЦЕНТРАТЕ ТРОМБОЦИТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПАТОГЕНРЕДУКЦИИ: ПИЛОТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

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

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

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

ВВЕДЕНИЕ. Статья посвящена данным, касающимся контроля безопасности концентрата тромбоцитов (КТ). В связи с возросшей потребностью применения данного компонента крови оценке его качества и безопасности уделяется повышенное внимание.

ЦЕЛЬ. Оценить перспективный подход к оценке качества КТ для повышения эффективности и безопасности его трансфузий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Объектом исследования являлись аферезные КТ. После заготовки каждый образец КТ исследовали на содержание микрочастиц. Измерение показателя проводили до и после процедуры патогенредукции КТ. Измерение размеров тромбоцитарных микрочастиц в образцах КТ выполняли методом динамического рассеяния света, основанном на определении коэффициента диффузии коллоидных частиц в жидкости на анализаторе размеров наночастиц Malvern Zetasizer Nano ZS.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Выявлены возможности и преимущества рационального подхода к переливанию КТ с учетом степени активации тромбоцитов для оптимизации заготовки компонента. Особое внимание уделено методам оценки активации тромбоцитов в КТ. Переливание неактивированных тромбоцитов для применения у пациентов гематологического и онкологического профиля позволит снизить риск развития рефрактерности.

ОБСУЖДЕНИЕ. Обнаружение микрочастиц на основе ДРС позволит дифференцировать активированные (с высоким содержанием микрочастиц) от неактивированных (с низким содержанием микрочастиц) тромбоцитов при проведении лечебных трансфузий и оптимизировать использование этого дефицитного компонента крови.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Возможность дифференцировки КТ на основе скрининга содержания микрочастиц, образующихся в результате активации, будет способствовать повышению эффективности и безопасности трансфузионной терапии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, трансфузия, концентрат тромбоцитов, КТ, микрочастицы, светорассеяние, рефрактерность

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

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

Для цитирования: Гришина Г.В., Ласточкина Д.В., Касьянов А.Д., Голованова И.С., Бессмельцев С.С. Оценка микрочастиц в концентрате тромбоцитов в зависимости от патогенредукции: пилотное исследование // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 1. С. 104–111, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-104-111>; EDN: <https://elibrary.ru/GSAHEM>

For citation: Grishina G.V., Lastochkina D.V., Kasyanov A.D., Golovanova I.S., Bessmeltsev S.S. Evaluation of microparticles in platelet concentrate depending on pathogenreduction: pilot study // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, № 1. P. 104–111, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-104-111>; EDN: <https://elibrary.ru/GSAHEM>

© 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>

EVALUATION OF MICROPARTICLES IN PLATELET CONCENTRATE DEPENDING ON PATHOGENREDUCTION: PILOT STUDY

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

¹Russian Research Institute of Hematology and Transfusiology of the Federal Medical and Biological Agency, St. Petersburg, Russia

²North-West State medical University named after I. I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia

INTRODUCTION. The article is devoted to the data concerning the safety control of platelet concentrate (PC). Due to the increased need for the use of this blood component, the assessment of its quality and safety has received increased attention.

OBJECTIVE. Evaluate a promising approach to assess the quality of PC to improve the efficacy and safety of its transfusions.

MATERIALS AND METHODS. The object of the study was apheresis PCs. After harvesting, each PC sample was examined for microparticle content. The index was measured before and after the PC pathogenreduction procedure. Measurement of platelet microparticle sizes in PC samples was performed by the dynamic light scattering method based on the determination of the diffusion coefficient of colloidal particles in liquid on a nanoparticle size analyzer Malvern Zetasizer Nano ZS.

RESULTS. The possibilities and advantages of a rational approach to PC transfusion are revealed taking into account the degree of platelet activation for optimization of component procurement. Special attention is paid to the methods of platelet activation assessment in PC. Transfusion of non-activated platelets for use in hematologic and oncologic patients will reduce the risk of refractoriness development.

DISCUSSION. Detection of microparticles based on DLS will allow differentiating activated (with high microparticle content) from non-activated (with low microparticle content) platelets during therapeutic transfusions and optimize the use of this scarce blood component.

CONCLUSION. The ability to differentiate PTs based on screening of the microparticle content resulting from activation will improve the efficacy and safety of transfusion therapy.

KEYWORDS: marine medicine, transfusion, platelet concentrate, computed tomography, microparticles, light scattering, refractoriness

Введение. Трансфузии концентратов тромбоцитов (КТ) являются важной клинической опцией при ведении пациентов разного профиля. Пациенты, получающие многократные переливания тромбоцитов, подвержены риску инфекции, гемолитических и негемолитических реакций, развитию рефрактерности. В настоящее время в рутинной практике отсутствуют тесты *in vitro*, позволяющие выявлять различия между компонентами, исходя из их эффективности, для того или иного реципиента. Более того, около трети всех переливаний тромбоцитов оказывается клинически неэффективным, что определяется низким скорректированным приростом количества тромбоцитов (СПТ₂₄) [1, 2].

Выполняя роль врожденных иммунных клеток и основных участников процесса свертывания крови, тромбоциты меняют форму и генерируют микрочастицы, которые, в свою очередь, способны усиливать формирование межклеточных контактов и развитие воспалительных реакций [3]. При воспалительных и тромботических состояниях количество образующихся микрочастиц существенно увеличивается [4]. Образование тромбоцитарных микрочастиц (ТМЧ) способствует иммунным

реакциям вследствие высокого содержания в них провоспалительных цитокинов, хемокинов и липидных медиаторов [5].

В связи с особой важностью применения КТ ему уделяется огромное внимание в контексте оценки качества и безопасности. Оценка ТМЧ как нового параметра контроля качества и безопасности требует выбора оптимальной методики измерения, разработки строгих преаналитических и аналитических процедур для обеспечения наиболее точной оценки численности, размера и функциональных свойств [6].

Метод динамического рассеяния света (ДРС) анализирует микрочастицы, подвергшиеся воздействию монохроматического света лазера (например, гелий-неонового лазера с длиной волны 633 нм), тем самым они рассеивают свет и создают броуновское движение, которое может быть проанализировано для определения распределения по размерам [7]. Таким образом, ДРС способен определять концентрацию и распределение микрочастиц в концентратах тромбоцитов [8]. В свою очередь, распределение КТ в зависимости от уровня микрочастиц и, соответственно, степени активации компонента позволит оптимизировать его использование. Так, для пациентов онколо-

гического профиля предпочтительно переливать гомогенные жизнеспособные тромбоциты с малой концентрацией микрочастиц, поскольку предполагается, что они будут циркулировать, а не будут немедленно удалены из кровотока [9, 10]. Для остановки кровотечения более целесообразно применение КТ, богатого гетерогенными тромбоцитами, т. е. предварительно активированными и содержащими большое количество микрочастиц [11–13].

Исходя из вышесказанного, внедрение персонализированного подхода к применению КТ на основе скрининга содержания микрочастиц, образующихся в результате активации, будет способствовать повышению эффективности и безопасности трансфузионной терапии.

Цель. Проанализировать перспективный подход к оценке качества концентрата тромбоцитов для повышения эффективности и безопасности его трансфузий.

Материалы и методы. Объектом исследования являлись аферезные концентраты тромбоцитов. Были исследованы образцы до и после патогенредукции (ПР). Объем каждого образца составлял около 210 мл, содержание тромбоцитов в образце превышало 2×10^{11} клеток.

Измерение размеров ТМЧ в образцах КТ выполняли методом ДРС, основанном на определении коэффициента диффузии коллоидных частиц в жидкости путем анализа характерного времени флуктуации интенсивности рассеянного света в объеме, содержащем коллоидные частицы в растворе. В ходе работы измеряли распределение по размерам частиц в координатах диаметр – относительная интенсивность рассеянного света в образцах КТ на анализаторе размеров наночастиц Malvern Zetasizer Nano ZS, предназначенном для измерений размеров и дзета-потенциала частиц и макромолекул



Рис.1. Анализатор размера частиц и дзета-потенциала Malvern Zetasizer Nano ZS

Fig. 1. Malvern Zetasizer Nano ZS Particle Size and Zeta Potential Analyzer

в жидких средах (рис. 1). Измерения выполняли в стандартных флуорометрических кюветах или в микрокюветах при объеме дозирования 100 мкл.

Проведено исследование для выяснения возможности достоверной оценки содержания микрочастиц в КТ и экспресс-контроля качества этих концентратов методом ДРС. Каждый образец КТ после заготовки изучали на содержание микрочастиц. Показатель измеряли до и после процедуры ПР КТ. На измеренных распределениях частиц в КТ надежно идентифицируются пики, обусловленные экзосомами, микрочастицами тромбоцитарного происхождения и самими тромбоцитами (рис. 2, 3).

Полученные результаты выражались в виде графиков, осями для которых служили диаметр регистрируемых частиц (ось X) и интенсивность распределения микрочастиц (ось Y). На каждом из графиков приведены данные, полученные для образца до ПР и после процедуры.

Результаты. Проведено исследование концентрации микрочастиц в трех образцах КТ, заготовленных методом автоматического афереза. Сводные данные по всем пробам представлены в табл. 1.

Установлено, что после процедуры ПР во 2-м и 3-м образцах отмечено уменьшение диаметра частиц.

Распределение частиц было отображено на графиках, где в большинстве случаев регистрировали только два пика. Первый пик соответствует микрочастицам тромбоцитарного происхождения, второй – тромбоцитам. Из рис. 4 видно, что пик микрочастиц отчетливо регистрируется в интервале от 10 до 100 нм, что соответствует литературным данным. Второй пик отражает размер и интенсивность тромбоцитов. Для иллюстрации предложенного критерия ниже приведены данные, полученные для образцов КТ, заготовленных от разных доноров, до и после процедуры ПР.

На рис. 4 представлены данные, полученные при измерении образца 1. Довольно четко обозначены ранее указываемые два пика – для микрочастиц и тромбоцитов. Стоит отметить, что оба пика несколько выше до проведения ПР, по сравнению с измерением, проведенным после.

В образце 2 (рис. 5) получена аналогичная тенденция по отображению пиков до и после

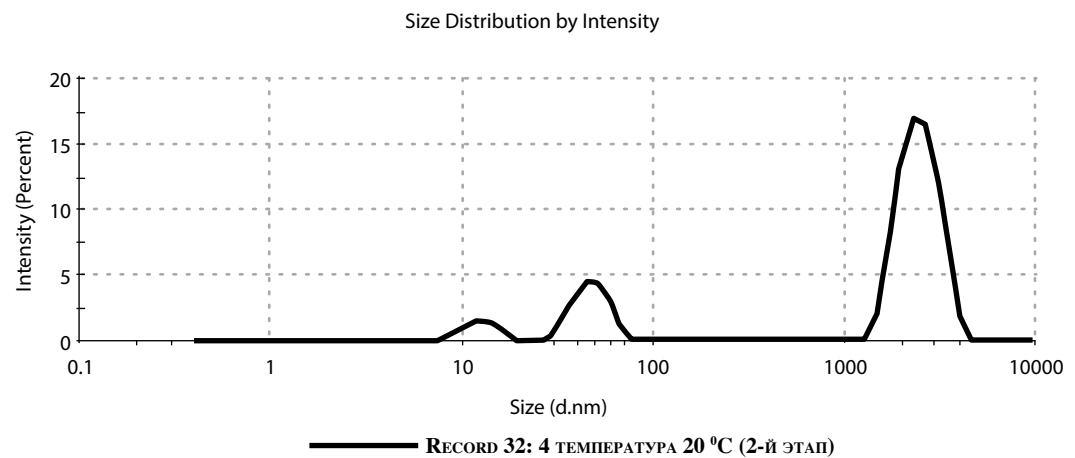


Рис. 2. Пример распределения с относительно низким содержанием микрочастиц, измеренного при температуре 20 °С. Первый (слева) пик соответствует экзосомам, второй – микрочастицам тромбоцитарного происхождения, третий – тромбоцитам

Fig. 2. Example of a distribution with a relatively low content of microparticles measured at a temperature of 20 °C. The first (left) peak corresponds to exosomes, the second to microparticles of platelet origin, the third to platelets

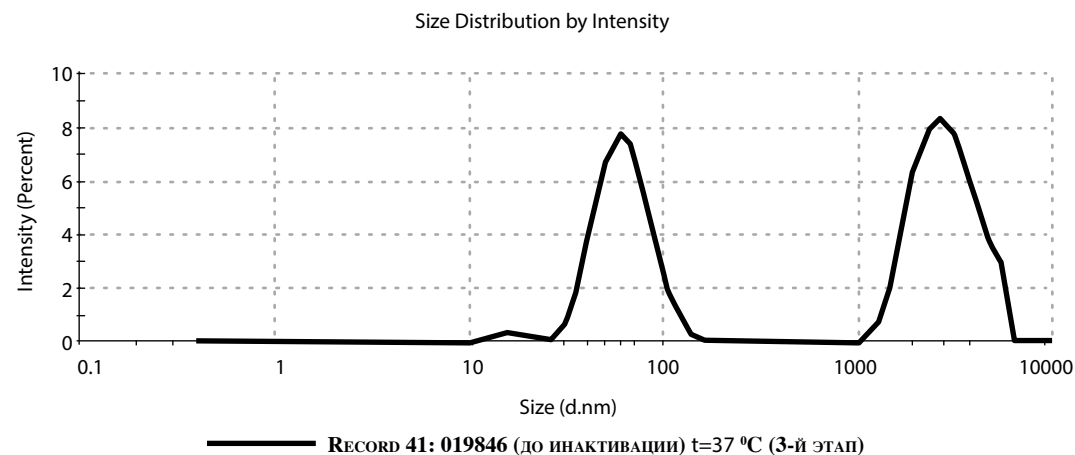


Рис. 3. Пример распределения с относительно высоким содержанием микрочастиц, измеренного при температуре 37 °С. Первый (слева) пик соответствует экзосомам, второй – микрочастицам тромбоцитарного происхождения, третий – тромбоцитам

Fig. 3. Example of a distribution with a relatively high content of microparticles measured at a temperature of 37 °C

Таблица 1

Характеристики исследуемых образцов концентратов тромбоцитов

Table 1

Characteristics of the studied platelet concentrate samples		
Концентрат тромбоцитов	Диаметр частиц, нм	Оптическая плотность при 663 нм, Б
Образец 1 до ПР	238,1	1,69
Образец 1 после ПР	240,5	1,63
Образец 2 до ПР	499,1	1,79
Образец 2 после ПР	227,4	1,70
Образец 3 до ПР	884,9	1,81
Образец 3 после ПР	654,7	1,74

Примечание: ПР – патогенредукция
Note: ПР – pathogen reduction

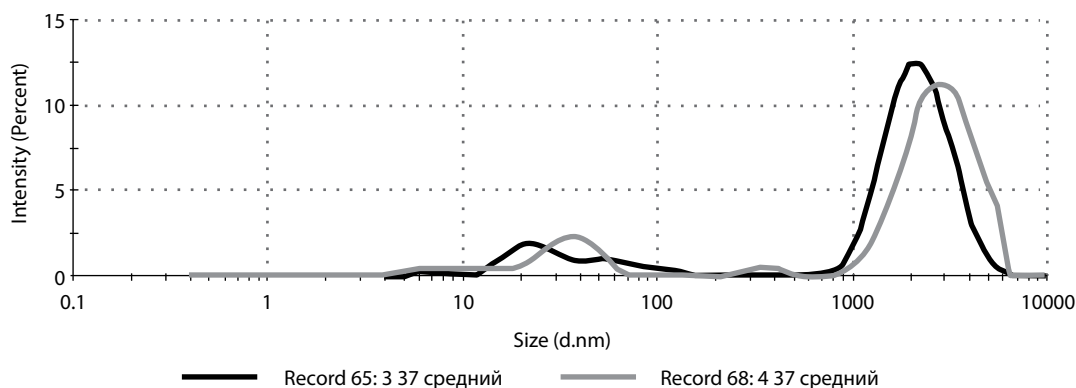


Рис. 4. Распределения частиц в концентрате тромбоцитов, полученных из крови донора 1. Темная линия – данные, полученные для образца до патогенредукции, светлая линия – после этой процедуры

Fig. 4. Distribution of particles in CT obtained from the blood of donor No. 1.

The dark line is the data obtained for the sample before pathogen reduction, the light line is after this procedure.

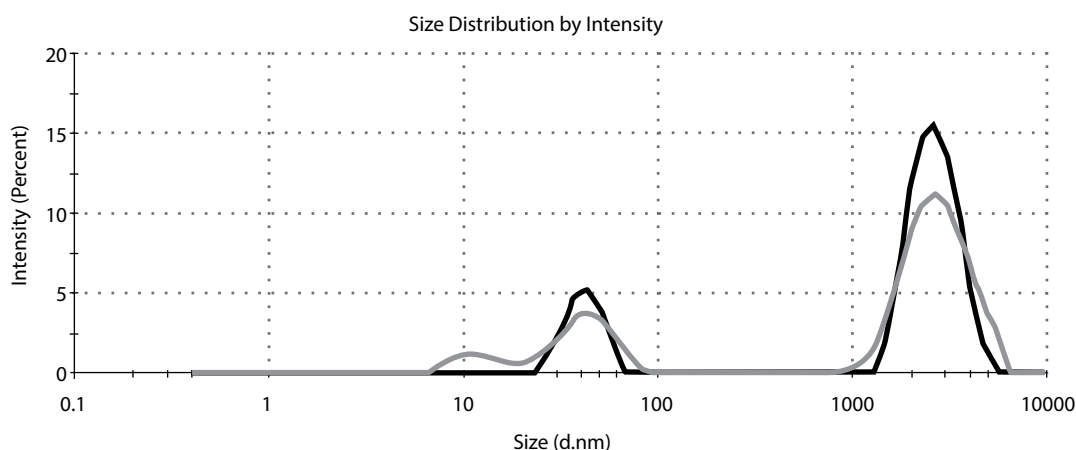


Рис. 5. Распределение частиц в КТ, полученных из крови донора 2. Темная линия – образец до патогенредукции, светлая линия – после этой процедуры

Fig. 5. Distribution of particles in CT obtained from the blood of donor 2.

The dark line is the sample before pathogen reduction, the light line is after this procedure

ПР. В патогенредуцированном КТ наблюдается снижение содержания как микрочастиц, так и тромбоцитов, при этом динамика более существенная в сравнении с первым образцом.

В 3-й пробе КТ после ПР (рис. 6) пик тромбоцитов оказался выше в сравнении с тестом, проводимым до процедуры. В то же время пик, обозначающий уровень микрочастиц в динамике, снизился. В целом полученные данные наглядно отображают содержание микрочастиц в КТ, что позволяет использовать данный параметр для определения степени активации тромбоцитов. Однако используемая методика требует проведения дальнейших исследований с расширением объема выборки и установления пороговых уровней микрочастиц для данного анализатора.

Обсуждение. Из сопоставления распределений частиц, приведенных на рис. 4–6, явно следует, что в КТ, заготовленном от донора 1, значительно больше ТМЧ, чем в КТ от донора 2. Следовательно, КТ от донора 1 обладает большим гемостатическим потенциалом с учетом связи с активированными (гетерогенности) тромбоцитами и содержанием микрочастиц.

Таким образом, согласно результатам определяемого индекса, тромбоконцентрат от донора 1 целесообразно применять в ситуациях у пациентов с травмами и кровотечениями, тогда как КТ от донора 2 будет оптимальной опцией для пациентов онкологического и онкогематологического профиля. Это подтверждается и сравнением критериев, приведенных в табл. 2.

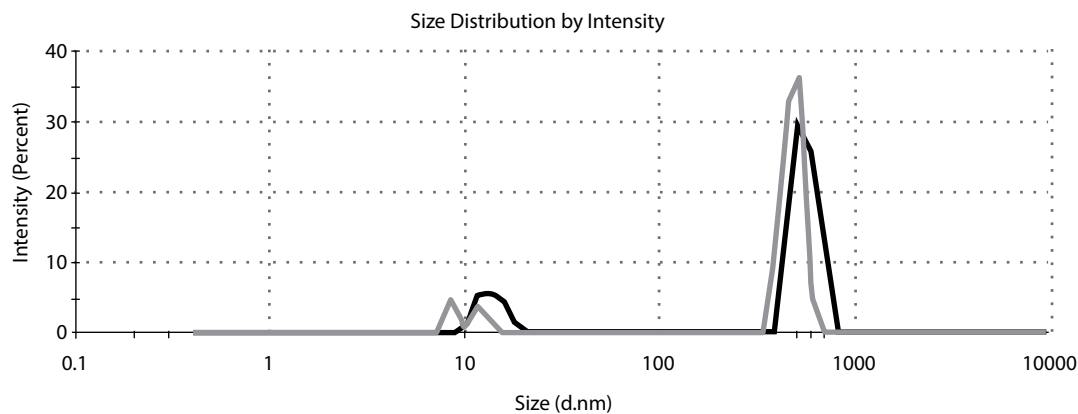


Рис. 6. Распределения частиц в КТ, полученных из крови донора 3. Темная линия – данные, полученные для образца до патогенредукции, светлая линия – после этой процедуры

Fig. 6. Distribution of particles in CT obtained from the blood of donor 3. The dark line is the data obtained for the sample before pathogen reduction, the light line is after this procedure

Таблица 2

Сопоставление критериев оценки КТ по распределениям частиц

Table 2

Образец	По критерию TLScore	По соотношению площадей пиков SqRatio			
		37 °С, исходный	снижение до 20 °С	37 °С, вторичный	Ме 37 °С – ↓20 °С – ↑37 °С
Донор 1 до ПР	9,8	56,28	63,62	59,81	59,9
Донор 1 после ПР	8,6	67,02	77,17	69,79	71,3
Донор 2 до ПР	19,4	5,98	4,99	3,28	4,75
Донор 2 после ПР	19,1	1,09	1,4	0,82	1,1

Примечание: ПР – патогенредукция
Note: ПР – pathogen reduction

При вычислении ThromboLux Score для каждого пика используют только значение его максимума, при этом форма пика вообще не учитывается. Для разных распределений частиц формы пиков могут существенно различаться, что также необходимо учитывать при оценке относительных вкладов микрочастиц и тромбоцитов. Согласно литературным данным [14, 15], по методике ThromboLux «порог отсечки» по критерию ThromboLux Score для переливания составляет в разных лабораториях от 12 до 16, т. е. КТ с более низкими значениями этого критерия с учетом высокого гемостатического потенциала целесообразно использовать в urgentных ситуациях.

Значения SqRatio вычисляют на каждой из стадий измерения образца КТ, предусмотренных методикой ThromboLux (в исходном состоянии при 37 °С, при снижении температуры до 20 °С и после повторного нагрева

до 37 °С). Эти значения характеризуют: содержание микрочастиц тромбоцитарного происхождения в образце КТ; устойчивость данного образца КТ к температурному стрессу; способность к восстановлению после стресса. Чем больше значение SqRatio в данном образце КТ, тем больше в нем содержание ТМЧ и, соответственно, тем выше уровень гетерогенности тромбоцитов.

По результатам нашего исследования, согласно определяемого индекса от донора 1, его целесообразно использовать для терапевтического (urgentного) переливания. Следовательно, обнаружение микрочастиц на основе ДРС дает возможности отличать активированные (с высоким содержанием микрочастиц) от неактивированных (с низким содержанием микрочастиц) тромбоцитов при переливании и оптимизировать использование этого компонента крови.

Рациональный подход к переливанию КТ с учетом степени активации позволит сократить объем заготовки и общее количество проводимых трансфузий КТ. Переливание неактивированных тромбоцитов у пациентов гематологического и онкологического профиля позволит значительно снизить риск развития рефрактерности.

Заключение. В ходе проведенных экспериментов было выявлено, что воспроизводимость измеряемых распределений частиц имеет место не во всех измерениях. Полученные результаты не позволяют сделать вывод о воспроизводимом влиянии ПР на распределения микрочастиц в КТ. Показатель содержания ми-

крочастиц как фрагментации и гетерогенности тромбоцитов может соответствовать требованиям к универсальному показателю качества для производства, хранения, жизнеспособности, функции и совместимости тромбоцитов. Гетерогенность КТ с учетом степени активации по уровню микрочастиц дает возможность корректировать процесс заготовки, а также дифференцировать КТ для пациентов различного профиля. Результаты исследования могут быть использованы для оперативной оценки качества заготавливаемых КТ, а в последующем также для повышения эффективности трансфузионной терапии и рационального использования компонентов донорской крови.

Сведения об авторах:

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

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

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

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

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

Author information:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Соблюдение этических стандартов: исследование одобрено этическим комитетом ФГБУ РосНИИГТ ФМБА России (протокол № 15 от 4 апреля 2024 года).

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

Потенциальный конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

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

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

Поступила/Received: 27.10.2024

Принята к печати/Accepted: 15.03.2025

Опубликована/Published: 30.03.2025

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Rebulla P. A mini-review on platelet refractoriness. *Haematologica*, 2005, Vol. 90, No. 2, pp. 247–253. PMID: 15710579.
2. Slichter S. J., Davis K., Enright H., Braine H., Gernsheimer T., Kao K. J., et al. Factors affecting posttransfusion platelet increments, platelet refractoriness, and platelet transfusion intervals in thrombocytopenic patients. *Blood*, 2005, Vol. 105, No. 10, pp. 4106–4114. doi: 10.1182/blood-2003-08-2724.
3. Tetta C., Bruno S., Fonsato V., Deregibus MC, Camussi G. The role of microvesicles in tissue repair. *Organogenesis*, 2011, Vol. 7, No. 2, pp. 105–115. PMID: 21572253.
4. Piccin A., Murphy W. G., Smith O. P. Circulating microparticles: pathophysiology and clinical implications. *Blood Rev*, 2007, Vol. 21, No. 3, pp. 157–171. doi: 10.1016/j.blre.2006.09.001.
5. Tan K. T., Lip G. Y. The potential role of platelet microparticles in atherosclerosis. *Thromb Haemost*, 2005, Vol. 94, No. 3, pp. 488–492. doi: 10.1160/TH05-03-0201.
6. Momen-Heravi F., Balaj L., Alian S., Tigges J., Toxavidis V., Ericsson M., et al. Alternative methods for characterization of extracellular vesicles. *Front Physiol*, 2012, Vol. 3, P. 354. doi: 10.3389/fphys.2012.00354.
7. Lawrie A. S., Albanyan A., Cardigan R. A., Mackie I. J., Harrison P. Microparticle sizing by dynamic light scattering in fresh-frozen plasma. *Vox Sang*, 2009, Vol. 96, No. 3, pp. 206–212. doi: 10.1111/j.1423-0410.2008.01151.x
8. Xu Y., Nakane N., Maurer-Spurej E. Novel test for microparticles in platelet-rich plasma and platelet concentrates using dynamic light scattering. *Transfusion*, 2011, Vol. 51, No. 2, pp. 363–370. doi: 10.1111/j.1537-2995.2010.02819.x.
9. Cortés-Puch I., Remy K. E., Solomon S. B., Sun J., Wang D., Al-Hamad M., et al. In a canine pneumonia model of exchange transfusion, altering the age but not the volume of older red blood cells markedly alters outcome. *Transfusion*, 2015, Vol. 55, No. 11, pp. 2564–2575. doi: 10.1111/trf.13275.
10. Flegel W. A., Natanson C., Klein H. C. Does prolonged storage of red blood cells cause harm? *British Journal of Haematology*, 2014, Vol. 165, No. 1, pp. 3–16. doi: 10.1111/bjh.12747.
11. Johnson L., Reade M. C., Hyland R. A., Tan S., Marks D. C. In vitro comparison of cryopreserved and liquid platelets: potential clinical implications. *Hyland Transfusion*, 2015, Vol. 55, No. 4, pp. 838–847. doi: 10.1111/trf.12915.
12. Johnson L., Tan S., Wood B., Davis A., Marks D. C. Refrigeration and cryopreservation of platelets differentially affect platelet metabolism and function: a comparison with conventional platelet storage conditions. *Transfusion*, 2016, Vol. 56, No. 7, pp. 1807–1818. doi: 10.1111/trf.13630.
13. Reddoch K. M., Pidcoke H. F., Montgomery R. K., Fedyk C. G., Aden J. K., Ramasubramanian A. K., et al. Hemostatic function of apheresis platelets stored at 4 °C and 22 °C. *Shock*. 2014, Vol. 41, Suppl 1, pp. 54–61. doi: 10.1097/SHK.0000000000000082.
14. Millar D., Murphy L., Labrie A., et al. Routine Screening Method for Microparticles in Platelet Transfusions. *J. Vis. Exp*, 2018, Vol. 131, e56893. doi:10.3791/56893.
15. Maurer-Spurej E., Larsen R., Labrie A., et al. Microparticle content of platelet concentrates is predicted by donor microparticles and is altered by production methods and stress. *Transfusion and Apheresis Science*, 2016, Vol. 55, No. 1, pp. 35–43.

ЦИТОКИНОВЫЙ ПРОФИЛЬ СИНОВИАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ ПРИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПАТОЛОГИИ ВИСОЧНО-НИЖНЕЧЕЛЮСТНОГО СУСТАВА У ВОЕННОСЛУЖАЩИХ В УСЛОВИЯХ ОБЩЕЙ ВИБРАЦИИ НА КОРАБЛЯХ ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА: КЛИНИКО-ПАТОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

¹А. А. Сериков, ^{1,2}А. К. Иорданишвили*, ³В. В. Самсонов

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

²Международная академия наук экологии, безопасности человека и природы, Санкт-Петербург, Россия

³Филиал Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова в г. Москве, Москва, Россия

ВВЕДЕНИЕ. Одним из экопатогенных факторов военного труда у плавсостава электромеханической боевой части корабля является общая вибрация. Ее регулярное воздействие может приводить к образованию и прогрессированию заболеваний височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС). Лабораторное исследование состава и свойств синовиальной жидкости в полной мере характеризует патологические процессы, происходящие в суставе. Установление связи между подверженностью влиянию общей вибрации и патологией ВНЧС позволит разработать меры профилактики и реабилитации военнослужащих, несение службы которых сопряжено с регулярным воздействием общей вибрации.

ЦЕЛЬ. Определить зависимость изменения цитологического профиля синовиальной жидкости и степени тяжести заболевания ВНЧС от воздействия общей вибрации у военнослужащих Военно-Морского Флота (ВМФ) России.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Проведено многоуровневое клинко-патофизиологическое обследование военнослужащих ВМФ, имеющих разную подверженность действию общей вибрации. Оценивались клинические проявления патологии жевательного аппарата у плавсостава, а также проводилось патофизиологическое исследование синовиальной жидкости у военнослужащих с признаками поражения ВНЧС.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Установлено, что у военнослужащих из состава электромеханической боевой части корабля (основная группа), которые находятся под постоянным воздействием общей вибрации, чаще выявляется патология жевательного аппарата, протекающая в среднетяжелой форме. В результате лабораторного анализа синовиальной жидкости ВНЧС выявлено повышение провоспалительных цитокинов в основной группе, а также снижение содержания гиалуроновой кислоты.

ОБСУЖДЕНИЕ. У военнослужащих, более подверженных общей вибрации, чаще выявляется патология ВНЧС, протекающая в среднетяжелой форме.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Доказана целесообразность привлечения большего внимания к проблеме влияния общей вибрации на развитие и прогрессирование патологии ВНЧС у военнослужащих ВМФ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, дисфункция, височно-нижнечелюстной сустав, функциональная патология, синовиальная жидкость, цитокины, гиалуроновая кислота

*Для корреспонденции: Иорданишвили Андрей Константинович, e-mail: professoraki@mail.ru

*For correspondence: Andrey K. Iordanishvili, e-mail: professoraki@mail.ru

Для цитирования: Сериков А. А., Иорданишвили А. К., Самсонов В. В. Цитокиновый профиль синовиальной жидкости при функциональной патологии височно-нижнечелюстного сустава в условиях общей вибрации на кораблях Военно-Морского Флота: клинко-патофизиологическое исследование // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 5. С. 112–117, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-112-117>; EDN: <https://elibrary.ru/GSGLOG>

For citation: Serikov A. A., Iordanishvili A. K., Samsonov V. V. Cytocinic profile of synovial fluid in functional pathology of the temporomandibular joint under conditions of general vibration on Naval ships: clinical and pathophysiological examination // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, № 1. P. 112–117, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-112-117>; EDN: <https://elibrary.ru/GSGLOG>

© 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>

CYTOKINE PROFILE OF SYNOVIAL FLUID IN FUNCTIONAL PATHOLOGY OF THE TEMPOROMANDIBULAR JOINT IN MILITARY PERSONNEL UNDER CONDITIONS OF GENERAL VIBRATION ON NAVY SHIPS: CLINICAL AND PATHOPHYSIOLOGICAL EXAMINATION

¹Anton A. Serikov, ^{1,2}Andrey K. Iordanishvili, ³Vladimir V. Samsonov*

¹Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

²International Academy of Ecology, Human and Nature Safety Sciences, St. Petersburg, Russia

³Branch of Military Medical Academy in Moscow, Moscow, Russia

INTRODUCTION. One of the ecopathogenic factors of military labor for the crew of the electromechanical warhead of the ship is the general vibration. Its regular exposure can lead to the formation and progression of diseases of the temporomandibular joint. Laboratory examination of the composition and properties of synovial fluid fully characterizes the pathological processes occurring in the joint. Establishing the relationship between exposure to the influence of general vibration and pathologies of the temporomandibular joint will allow the development of preventive and rehabilitation measures for military personnel whose service is associated with regular exposure to general vibration.

OBJECTIVE. To determine the cytological profile of synovial fluid and the severity of temporomandibular joint disease depending on exposure to general vibration in Navy seafarers.

MATERIALS AND METHODS. A multi-level clinical and pathophysiological examination of Navy servicemen with varying exposure to general vibration was conducted. Clinical manifestations of masticatory apparatus pathology in seafarers were assessed, and a pathophysiological study of synovial fluid was conducted in servicemen with signs of TMJ damage.

RESULTS. It was found that servicemen from the electromechanical combat unit of the ship (the main group), who are constantly exposed to general vibration, more often have masticatory apparatus pathology in a moderate to severe form. As a result of the analysis of laboratory data of the TMJ synovial fluid, an increase in proinflammatory cytokines was revealed in the main group, as well as a decrease in the content of hyaluronic acid.

DISCUSSION. In military personnel more exposed to general vibration, TMJ pathology is more often detected, occurring in a moderate-severe form.

CONCLUSION. The advisability of paying more attention to the problem of the influence of general vibration on the development and progression of TMJ pathology in Navy servicemen has been proven.

KEYWORDS: marine medicine, dysfunction, temporomandibular joint, functional pathology, synovial fluid, cytokines, hyaluronic acid

Введение. Общая вибрация является одним из возможных экопатогенных факторов военного труда, воздействующих на организм плавсостава Военно-Морского Флота (ВМФ) России, в частности состава электромеханической боевой части корабля. Высокая степень распространенности заболеваний твердых тканей зубов, пародонта и слизистой оболочки полости рта у работников, подверженных воздействию производственной вибрации, отмечена во множестве публикаций различных авторов [1, 2, 3]. Однако вопросу поражения височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС) уделено недостаточно внимания. Наряду с этим диагностика болезней ВНЧС на ранних стадиях развития в условиях отсутствия у пациента конкретных жалоб и симптоматики повысит эффективность их профилактики и реабилитации [4, 5].

Цель. Определить зависимость изменения цитологического профиля синовиальной жидкости и степени тяжести заболевания ВНЧС от воздействия общей вибрации у военнослужащих ВМФ.

Задачи. Проанализировать распространенность и оценить тяжесть течения заболеваний ВНЧС у военнослужащих различных боевых частей корабля. Провести патофизиологическую оценку синовиальной жидкости у военнослужащих с признаками поражения ВНЧС.

Материалы и методы. Проведено многоуровневое клинико-патофизиологическое обследование 79 военнослужащих ВМФ (мужчин в возрасте от 21 до 52 лет), имеющих разную подверженность действию общей вибрации, из них 48 человек находились в электромеханической боевой части (БЧ-5) и 31 – в составе штурманской боевой части (БЧ-1) и боевого информационного поста (БИП).

На уровне клинического обследования выполнен анализ распространенности патологии ВНЧС и дана оценка степени тяжести течения заболеваний ВНЧС и жевательных мышц (ЖМ) у плавсостава ВМФ с помощью авторской методики А. К. Иорданишвили, А. А. Серикова, Л. Н. Солдатовой [6].

Учитывались такие критерии, как открывание рта, наличие и степень девиации при движениях нижней челюсти, присутствие звуковых феноменов (шума трения суставных поверхностей, крепитации, хруста, щелканья) и болевого синдрома в области ВНЧС при движении нижней челюсти, боль при пальпации ВНЧС. Данные клинического обследования переводили в баллы. По сумме баллов всех критериев определяли тяжесть течения заболевания ВНЧС и ЖМ.

Синовиальную жидкость ВНЧС исследовали по ее цитокиновому профилю. Выявляли основные маркеры воспалительного процесса (GM-CSF, IL-1 β , IL-2, IL-6, IL-8, IL-10, TNF- α) [7], а также измеряли количественное содержание гиалуроновой кислоты (гиалуроната натрия). Забор синовиальной жидкости осуществляли в условиях стоматологического кабинета с соблюдением правил асептики и антисептики методом пункции синовиальной сумки ВНЧС (в разведении физиологическим раствором – 1 : 10) с помощью одноразового инсулинового шприца и без предварительной местной анестезии. Образцы биоматериала были доставлены в лабораторию с соблюдением правил хранения и транспортировки.

Исследование синовиальной жидкости проводили только военнослужащим с признаками поражения ВНЧС. Обследуемые были разделены на 2 группы: основную, в которую вошли военнослужащие БЧ-5, и группу сравнения, в которой заняли место военнослужащие БЧ-1 и БИП.

Статистический анализ полученных материалов исследования проводили с помощью машинной программы (Statistica 10). Качественные данные представлены в виде доли (%) и абсолютных значений, количественные

данные – средних значений показателей (M), ошибки среднеквадратичного отклонения (m). Показатели сравнивали при помощи t -критерия Стьюдента. Различия между сравниваемыми группами считались достоверными при $p \leq 0,05$.

Результаты. Военнослужащие ВМФ, в зависимости от условий несения службы, имеют разную подверженность экопатогенным факторам военного труда. Состав электромеханической боевой части (БЧ) находится под постоянным воздействием общей вибрации, что может провоцировать прогрессирование заболеваний ВНЧС, в отличие от военнослужащих, исполняющих свои обязанности на командном пункте.

Выявлено, что в БЧ-5 число военнослужащих с признаками поражения ВНЧС составило 26 человек, тогда как в БЧ-1 и БИП всего 11, что в долевом соотношении выражается как 54,17 % против 35,48 % человек с признаками поражения ВНЧС (рис. 1).

Оценка степени тяжести заболеваний ВНЧС у плавсостава ВМФ показала, что в 31,03 % случаев заболевание имело легкую степень, 58,62 % – среднюю степень и 10,35 % – тяжелую степень. При этом у военнослужащих, занимающих должности в электромеханической боевой части, в процентном соотношении чаще определяли среднюю и тяжелую степени патологии ВНЧС (рис. 2).

В результате патофизиологического анализа синовиальной жидкости ВНЧС, взятой у военнослужащих боевых частей с разной степенью экопатогенности факторов военного труда, было выявлено смещение цитокинового профиля в сторону повышения содержания провоспалительных цитокинов (IL-1 β , IL-2, IL-6, TNF α), хемокина (IL-8), инициирующего воспалитель-

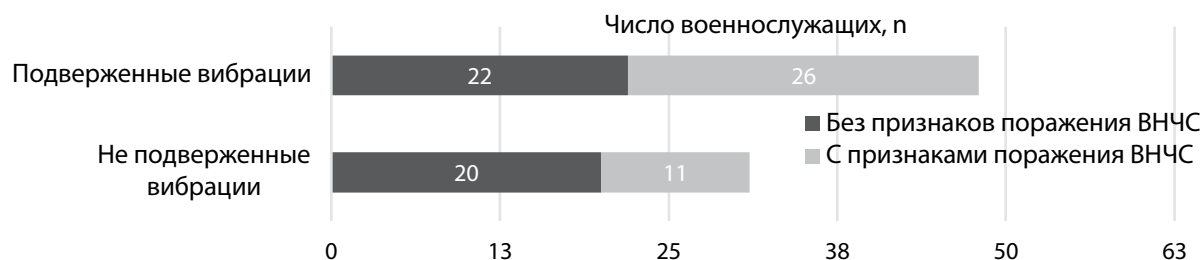


Рис. 1. Распределение военнослужащих по подверженности воздействию общей вибрации и наличию признаков дисфункции ВНЧС, n

Fig. 1. Distribution of soldiers by exposure to general vibration and presence of signs of TMJ dysfunction, n

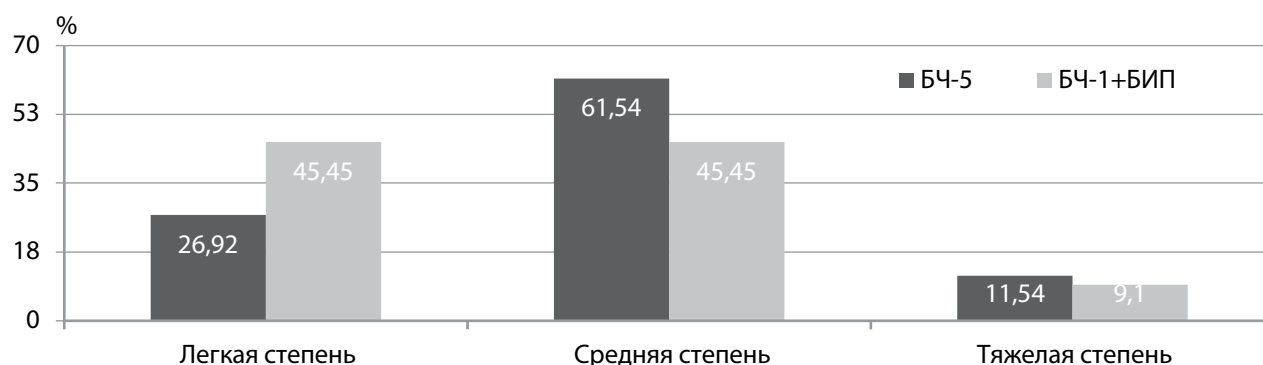


Рис. 2. Соотношение между военнослужащими, имеющими разную подверженность вибрации, и степенью тяжести течения дисфункции ВНЧС, %

Fig. 2. Correlation of soldiers with different exposure to vibration with the severity of TMJ dysfunction course, %

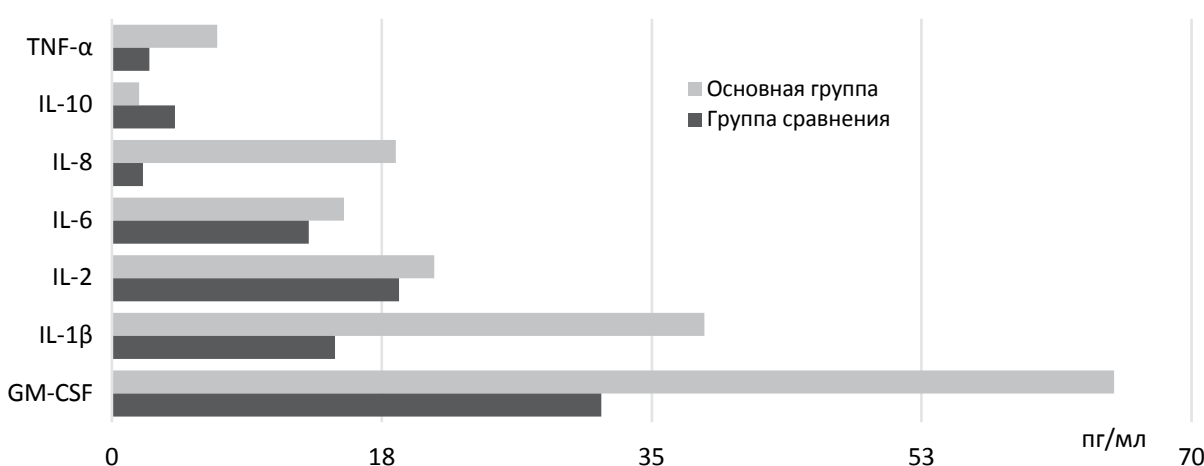


Рис. 3. Патофизиологическая оценка синовиальной жидкости ВНЧС у военнослужащих ВМФ в условиях общей вибрации, пг/мл

Fig. 3. Pathophysiologic evaluation of TMJ synovial fluid in navy personnel under conditions of general vibration, pg/ml

ный ответ за счет действия на иммунокомпетентные клетки, а также одного из регуляторов клеточного иммунитета (GM-CSF), и снижение содержания противовоспалительного цитокина (IL-10) (рис. 3). Однако у военнослужащих БЧ-5 значения были выше, чем в группе сравнения. Наличие повышенного количества маркеров воспаления в синовиальной жидкости у основной группы может быть объяснено вредным воздействием общей вибрации на ВНЧС.

Данные, полученные в ходе определения содержания гиалуроновой кислоты (рис. 4) у военнослужащих БЧ-5 (основная группа) и БЧ-1, БИП (группа сравнения), указывают на то, что в основной группе среднее количество гиалуроната натрия снижено на 22,23 % по отношению к группе сравнения. Так как гиалуроновая

кислота придает синовиальной жидкости свойства вязкости, способствуя беспрепятственному скольжению и амортизации суставных поверхностей и суставного диска, снижение ее содержания приводит к деградации суставного хряща и стойкой дисфункции ВНЧС [7]. Соответственно у группы военнослужащих, несущих службу в электромеханической боевой части, повышается риск развития и прогрессирования заболеваний ВНЧС из-за экопатогенных условий военного труда.

Обсуждение. Подводя итог проведенным исследованиям, стоит отметить, что у военнослужащих, более подверженных общей вибрации, чаще выявляются заболевания ВНЧС, протекающие в среднетяжелой степени. На экопатогенность общей вибрации у военнослужащих,

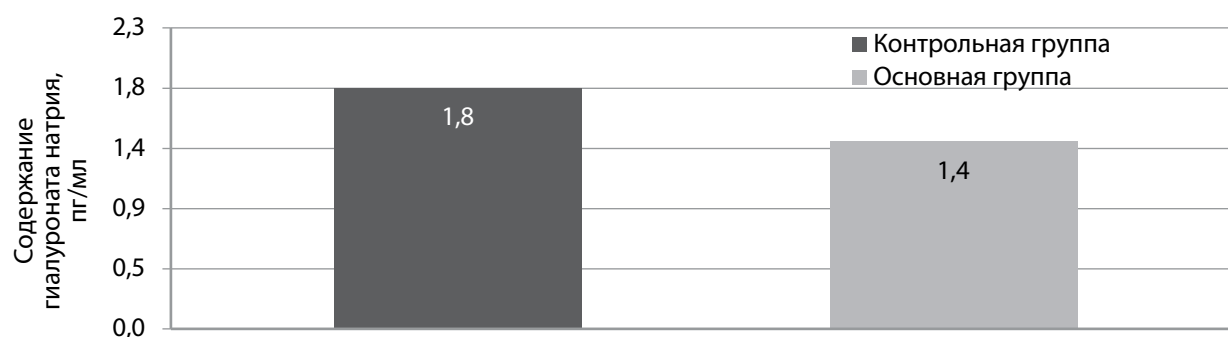


Рис. 4. Оценка содержания гиалуроната натрия в синовиальной жидкости у военнослужащих ВМФ, имеющих признаки дисфункции ВНЧС, с разной подверженностью общей вибрации, пг/мл

Fig. 4. Estimation of sodium hyaluronate content in synovial fluid of navy soldiers with signs of TMJ dysfunction with different exposure to general vibration, mg/ml

несущих службу в электромеханической боевой части, указывает изменение состава синовиальной жидкости ВНЧС, проявляющееся в смещении цитокинового профиля в сторону повышения содержания провоспалительных цитокинов (IL-1 β , IL-2, IL-6, TNF α), хемокина (IL-8), а также одного из регуляторов клеточного иммунитета (GM-CSF), и снижение содержания противовоспалительного цитокина (IL-10). Анализ данных, полученных в ходе определения содержания гиалуроновой кислоты в синовиальной жидкости, показывает достоверное снижение ее

содержания у военнослужащих, более подверженных воздействию общей вибрации.

Заключение. Исходя из полученных в исследовании результатов, целесообразно уделять большее внимание проблеме влияния общей вибрации на развитие и прогрессирование патологии ВНЧС. Необходима разработка профилактических мероприятий и реабилитации военнослужащих ВМФ, столкнувшихся с развитием заболеваний ВНЧС в результате воздействия вредных факторов при несении службы.

Сведения об авторах:

Сериков Антон Анатольевич – кандидат медицинских наук, доцент кафедры общей стоматологии; Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; SPIN: 8171-9251; ORCID: 0000-0003-3610-4373; e-mail: mdgrey@bk.ru

Иорданишвили Андрей Константинович – доктор медицинских наук, профессор; Международная академия наук экологии, безопасности человека и природы; 199026, г. Санкт-Петербург, Большой проспект Васильевского острова, д. 74, а/я 966; профессор кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова; 194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; SPIN: 6752-6698; ORCID: 0000-0002-8026-0800; e-mail: professoraki@mail.ru

Самсонов Владимир Владимирович – кандидат медицинских наук, доцент кафедры хирургии неотложных состояний Филлиала Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова в г. Москве; 107392, г. Москва, ул. Малая Черкизовская, 7; SPIN: 1055-8630; ORCID: 0009-0008-8495-4181; e-mail: vladimirpiter@mail.ru

Information about the authors:

Anton A. Serikov – Cand. of Sci. (Med.); Associate Professor of the Department of General Dentistry, Military Medical Academy; 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev St., 6; SPIN: 8171-9251; ORCID: 0000-0003-3610-4373; e-mail: mdgrey@bk.ru

Andrey K. Iordanishvili – Dr. of Sci. (Med.), Professor, International Academy of Ecology, Human and Nature Safety Sciences; 199026, Saint Petersburg, Bolshoy Prospekt Vasilyevsky island, 74, box 966; professor of the chair of maxillofacial surgery and surgical dentistry, Military Medical Academy, 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev St., 6; SPIN: 6752-6698; ORCID: 0000-0002-8026-0800; e-mail: professoraki@mail.ru

Vladimir V. Samsonov – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Emergency Surgery of the Branch, Military Medical Academy in Moscow; 107392, Moscow, Malaya Cherkizovskaya str., 7; SPIN: 1055-8630; ORCID: 0009-0008-8495-4181; e-mail: vladimirpiter@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. К. Иорданишвили, А. А. Сериков,

В. В. Самсонов; сбор данных – А. А. Сериков, В. В. Самсонов, статистическая обработка полученного материала – А. А. Сериков, В. В. Самсонов; подготовка рукописи – А. А. Сериков, В. В. Самсонов, А. К. Иорданишвили.

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: AKI, AAS, VVS contribution to the concept and plan of the study. SAA, SVV contribution to data collection. AAS, VVS contribution to data analysis and conclusions. AAS, VVS, AKI 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: 15.10.2024

Принята к печати/Accepted: 15.03.2025

Опубликована/Published: 30.03.2025

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Радгударзи К., Гусева Л.М., Алексанин С.С. Этиопатогенез стоматологических проявлений вибрационной болезни // *Вестник Российской военно-медицинской академии*. 2007. № 1(17), Ч. 1. С. 310 [Radgudarzi K., Guseva L.M., Aleksanin S.S. Etiopathogenesis of dental manifestations of vibration disease. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2007. No.1(17), Part 1. p. 310 (In Russ.)].
2. Ковалевский А. М. Влияние вибрации на организм человека и ткани жевательного аппарата (обзор литературы) // *Пародонтология*. 2010. Т. 15, № 1(54). С. 29–38. [Kovalevsky A. M. Effect of vibration on the human body and tissues of the masticatory apparatus (literature review). *Periodontology*, 2010, Vol. 15, № 1(54), pp. 29–38 (In Russ.)].
3. Артюшкевич А. С. Заболевания височно-нижнечелюстного сустава // *Современная стоматология*. 2014. №1 (58). с. 11–14 [Artyushkevich A. S. Diseases of the temporomandibular joint. *Modern dentistry*, 2014, No.1 (58), pp. 11–14 (In Russ.)].
4. Пономарев А. В. Клинические проявления и актуальные аспекты лечения дисфункции ВНЧС (обзор литературы) // *Институт стоматологии*. 2017. № 2 (75). С. 34–38 [Ponomarev A. V. Clinical manifestations and topical aspects of treatment of TMJ dysfunction (literature review). *Institute of Dentistry*, 2017, No. 2 (75), pp. 34–38 (In Russ.)].
5. Лепилин А. В., Коннов В. В., Багарян Е. А., Батусов Н. А. Методы обследования пациентов с патологией височно-нижнечелюстных суставов и жевательных мышц (обзор) // *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2011. Vol. 7, № 4. С. 914–918 [Lepilin A. V., Konnov V. V., Bagaryan E. A., Batusov N. A. Methods of examination of patients with pathology of temporomandibular joints and masticatory muscles (review). *Saratov Scientific Medical Journal*, 2011, Vol. 7, No. 4, pp. 914–918 (In Russ.)].
6. Иорданишвили А. К., Овчинников К. А., Солдатова Л. Н., Сериков А. А., Самсонов В. В. Оптимизация диагностики и оценки эффективности лечения заболеваний височно-нижнечелюстного сустава и жевательных мышц в стоматологической практике // *Вестник Северо-западного государственного медицинского университета*. 2015. Т. 7, № 4. С. 31–37 [Iordanishvili A. K., Ovchinnikov K. A., Soldatova L. N., Serikov A. A., Samsonov V. V. Optimization of diagnosis and evaluation of the effectiveness of treatment of diseases of the temporomandibular joint and masticatory muscles in dental practice. *Bulletin of Northwestern State Medical University*, 2015, Vol. 7, No. 4, pp. 31–37 (In Russ.)].
7. Kristensen K. D., Alstergren P., Stoustrup P., Küseler A., Herlin T., Pedersen T. K. Cytokines in healthy temporomandibular joint synovial fluid. *J Oral Rehabil*. 2014, 41(4), pp. 250–256.

УДК 159.91

doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-118-125>

ПРОГНОЗ СТРЕСС-АССОЦИИРОВАННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У ВОЕННОСЛУЖАЩИХ: РЕТРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

¹Л. Н. Фетцова, ¹Ю. С. Серова, ²Х. А. Тавбулатов, ³А. А. Шестова, ⁴П. А. Порожников*,¹К. В. Днов, ¹А. Н. Ятманов¹Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия²Войсковая часть 28337, г. Одинцово, Россия³Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова,
Санкт-Петербург, Россия⁴Войсковая часть 45707, г. Петергоф, Россия**ЦЕЛЬ.** Разработать модель прогноза стресс-ассоциированных соматических заболеваний у военнослужащих.**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Обследованы 78 мужчин в возрасте $38,2 \pm 5$ лет. Из них 33 страдают стресс-ассоциированными соматическими заболеваниями (САСЗ), 45 – практически здоровые. Проводилось психофизиологическое, психологическое и физиологическое обследование, оценивались показатели эффективности прохождения службы.**РЕЗУЛЬТАТЫ.** У военнослужащих, страдающих САСЗ, в отличие от здоровых лиц, чаще диагностируется удовлетворительный уровень резервов сердечно-сосудистой системы, среди них большее число лиц имеют признаки декомпенсированного дистресса; отсутствуют лица с сильным типом нервной системы (НС), в основном представлены средний и слабый типы НС; высокий уровень нервно-психической устойчивости у них определяется реже, среди них меньше обследованных с высоким уровнем и больше со средним уровнем успешности профессиональной деятельности.**ОБСУЖДЕНИЕ.** Полученные результаты согласуются с данными других ученых. Разработанная модель прогноза развития САСЗ у военнослужащих содержит показатели физиологического, психофизиологического и психологического уровня. Это указывает на наличие комплексного влияния биопсихосоциальных факторов на развитие САСЗ.**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Разработанную модель прогноза развития САСЗ целесообразно применять в мероприятиях медико-психологического сопровождения военнослужащих. При выявлении риска развития САСЗ необходимо проведение профилактических мероприятий.**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** морская медицина, стресс-ассоциированные соматические заболевания, военнослужащий, прогноз*Для корреспонденции: Порожников Павел Алексеевич, e-mail: pak_12-29@mail.ru*For correspondence: Pavel A. Porozhnikov, e-mail: pak_12-29@mail.ru**Для цитирования:** Фетцова Л. Н., Серова Ю. С., Тавбулатов Х. А., Шестова А. А., Порожников П. А., Днов К. В., Ятманов А. Н. Прогноз стресс-ассоциированных заболеваний у военнослужащих: ретроспективное исследование // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 5. С. 118–125, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-118-125>; EDN: <https://elibrary.ru/OOOQZR>**For citation:** Fetsova L. N., Serova Yu. S., Tavbulatov Kh. A., Shestova A. A., Porozhnikov P. A., Dnov K. V., Yatmanov A. N. Prognosis of stress-associated diseases in military personnel: retrospective study // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, № 1. P. 118–125, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-118-125>; EDN: <https://elibrary.ru/OOOQZR>

© 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>

PROGNOSIS OF STRESS-ASSOCIATED DISEASES IN MILITARY PERSONNEL: RETROSPECTIVE STUDY

¹*Lyutsiya N. Fetsova, ¹Yulia S. Serova, ²Khamzat A. Tavbulatov, ³Anastasia A. Shestova,*
⁴*Pavel A. Porozhnikov*, ¹Konstantin V. Dnov, ¹Alexey N. Yatmanov*

¹ Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

² Military Unit 28337, Odintsovo, Russia

³ North-West State Medical University named after I. I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia

⁴ Military Unit 45707, Peterhof, Russia

OBJECTIVE. Develop a model for predicting stress-associated somatic diseases in servicemen.

MATERIALS AND METHODS. 78 men aged 38.2 ± 5 years were examined. Of them, 33 suffered from stress-associated somatic diseases (SASD), 45 were practically healthy. Psychophysiologic, psychological and physiologic examination was carried out, and service performance indicators were evaluated.

RESULTS. In servicemen suffering from SASD, unlike healthy individuals, a satisfactory level of cardiovascular system reserves is diagnosed more often, among them a greater number of persons have signs of decompensated distress; there are no persons with a strong type of nervous system (NS), mainly middle and weak types of NS are represented; a high level of neuropsychic stability is determined in them less often, among them there are fewer examined persons with a high level and more with an average level of success in professional activity.

DISCUSSION. The obtained results are consistent with the data of other scientists. The developed model for predicting the development of SASD in servicemen contains indicators of physiological, psychophysiologic and psychological levels. This indicates the presence of a complex influence of biopsychosocial factors on the development of SASD.

CONCLUSION. The developed model for predicting the development of SASD should be used in the medical and psychological support of military personnel. If the risk of developing SASD is identified, it is necessary to carry out preventive measures.

KEYWORDS: marine medicine, stress-associated somatic diseases, serviceman, prognosis

Введение. Стратегия современных армий направлена не на численное превосходство над противником, а на качественное превосходство боевой техники и подготовки личного состава. Современный военнослужащий должен быть не только профессионалом своего дела, но и обладать крепким здоровьем и стабильной психикой [1].

Чтобы подготовить квалифицированного военного специалиста требуются значительные финансовые затраты и 4–6 лет обучения в образовательных учреждениях Министерства обороны Российской Федерации (РФ). Поэтому профилактика заболеваний военнослужащих имеет большое экономическое, оборонное и социальное значение [2].

Одно из ключевых направлений военной медицины – разработка новых методов медико-психологического сопровождения военнослужащих [3]. При этом особое внимание необходимо уделять военнослужащим с соматическими заболеваниями. Зарубежные и отечественные ученые изучают заболеваемость среди военнослужащих. Исследования показывают, что военнослужащие чаще страдают от заболеваний, вызванных нарушением адаптации или стресс-ассоциированными со-

матическими заболеваниями (САСЗ), а также соматоформными расстройствами, чем гражданское население. Это соотносится с особенностями военной службы, которая связана с риском для жизни.

По последним данным, у военнослужащих по контракту в Вооруженных Силах (ВС) РФ наиболее распространены сердечно-сосудистые заболевания, включая артериальную гипертензию и ишемическую болезнь сердца. На втором месте — болезни органов пищеварения, такие как язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, хронические гастриты, холециститы и другие [4].

После возвращения из зоны боевых действий у военнослужащих в большинстве случаев (90 %) наблюдаются астенизация, снижение стрессоустойчивости и ухудшение психофизиологических показателей. Также растет уровень личностной тревожности. Это может привести к проявлению или обострению существующих заболеваний и негативно сказаться на военно-профессиональной деятельности [5].

Исследования, проведенные в США, показали, что сердечно-сосудистые заболевания встречаются примерно у 3 % молодых военнослужащих.

С возрастом этот показатель увеличивается до 9 % [6]. Есть данные, которые подтверждают широкую распространенность соматических заболеваний среди американских военнослужащих, вернувшихся из Афганистана и Ирака [7]. В этих исследованиях особое внимание уделяется внешним факторам, способствующим развитию соматической патологии. Среди них – психологический стресс [8]. Во время военных действий в Ираке 7 из 9 случаев госпитализации в отделения интенсивной терапии с кардиологическими диагнозами не были связаны напрямую с боевыми действиями [9].

Исследования, проведенные в ВС РФ, показывают высокий уровень заболеваемости и увольняемости по состоянию здоровья у военнослужащих по контракту даже в мирное время [10]. В связи с этим необходимо проведение медико-психологического сопровождения военнослужащих. Мероприятия сопровождения должны быть направлены не только на улучшение психического и физического состояния, а также на своевременное проведение профилактической реабилитации с целью сохранения профессионального долголетия военнослужащих.

Цель. Разработать модель прогноза стресс-ассоциированных соматических заболеваний у военнослужащих.

Материалы и методы. Обследованы 78 мужчин, офицеров ВС РФ в возрасте $38,2 \pm 5$ лет. Из них 33 страдают стресс-ассоциированными соматическими заболеваниями, 45 – практически здоровые.

Проводилось психофизиологическое, психологическое и физиологическое обследование, оценивались показатели эффективности прохождения службы.

Физиологические и психофизиологические показатели оценивали с использованием методов определения артериального давления и частоты сердечных сокращений, функциональной нагрузочной пробы Руфье, расчетного показателя сердечной деятельности (ПСД), ритмокардиографии (РКГ), индекса напряжения регуляторных систем Баевского (ИН), теплинг-теста (ТТ), сложной зрительно-моторной реакции (СЗМР) с выбором, реакции на движущийся объект (РДО).

Психодиагностическое обследование проводили с помощью опросника «Модуль», предназначенного для определения уровня нервно-психической устойчивости (НПУ), выявления

психопатологической симптоматики и соотношения их с диагностическими критериями МКБ-10.

Успешность военно-профессиональной деятельности военнослужащих определяли методом экспертных оценок командирами подразделений.

Статистическую обработку выполняли с применением пакета программ Statistica 10,0. Сравнительный анализ проведен с помощью критерия Стьюдента. Достоверность различия частот – с помощью z-критерия. Математическое моделирование – с помощью дискриминантного анализа.

Результаты. Осуществлен сравнительный анализ физиологических, психофизиологических, психологических показателей в группах обследованных (табл. 1).

В группе военнослужащих с САСЗ наблюдались более высокие значения по сравнению с группой здоровых военнослужащих по ПСД ($p = 0,001$), что свидетельствовало о более низких резервных возможностях сердечно-сосудистой системы, а также о более слабом потенциале восстановительных процессов в организме после дозированной физической нагрузки в группе пациентов, страдающих САСЗ. У них наблюдались более высокие показатели ИН ($p = 0,015$) и амплитуды моды ($p = 0,001$), более низкие показатели RR_{max} ($p = 0,017$) и вариабельности интервалов RR ($p = 0,03$). Из полученных данных следовало, что практически здоровые и больные САСЗ военнослужащие находились в состоянии дистресса, в основном компенсированного, а декомпенсация преобладала у больных военнослужащих.

Сердечно-сосудистая система, по-видимому, испытывала существенно большую нагрузку у военнослужащих со САСЗ. Эти военнослужащие показали более низкие результаты по индексу надежности методики СЗМР, чем здоровые ($p = 0,001$), что указывало на более низкую операторскую работоспособность больных.

У страдающих САСЗ военнослужащих выявлены более высокие показатели по шкале астении методики Модуль ($p = 0,036$), указывающие на выраженные симптомы астении у лиц данной группы.

Проведено сравнение частотных показателей психофизиологических, физиологических и психологических характеристик обследованных (табл. 2).

Выявлено, что в группе военнослужащих со САСЗ статистически значимо меньше лиц с хорошим резервом (55 %) и больше лиц

с удовлетворительным резервом сердечно-сосудистой системы (45 %), чем в группе практически здоровых.

В группе с САСЗ наблюдалось существенно больше лиц, имеющих декомпенсированный дистресс систем регуляции сердечно-сосудистой системы, чем в группе здоровых (40 % против 17 %; $p = 0,027$), при этом встречаемость лиц с нормальным уровнем и компенсированным дистрессом в группах значимо не различалась.

Установлено, что в группе больных САСЗ не было выявлено лиц с сильным типом НС, а средний и слабый типы НС встречались одинаково часто с таковыми в группе сравнения. Также установлено, что статистически значимых различий по преобладающему процессу в НС между группами, имеющих САСЗ и здоровыми, получено не было.

В группе со САСЗ обнаружено существенно меньше лиц с высокой НПУ (6 %; $p = 0,005$) и боль-

ше обследованных с удовлетворительной НПУ (30 %; $p < 0,001$), а лица с хорошей НПУ встречались так же часто, как и в группе сравнения (64 % против 62 %; $p = 0,857$). Показано, что в группе больных САСЗ статистически значимо меньше лиц с высоким (39 %) уровнем и больше лиц со средним (61 %) уровнем успешности профессиональной деятельности, чем в контрольной группе.

При проведении дискриминантного анализа методом «вперед пошагово» получена модель прогноза развития стресс-ассоциированных соматических заболеваний у военнослужащих: Лямбда Уилкса: 0,51821 при бл. $F(4,73) = 16,967$; $p < 0,0001$ и определены дискриминантные переменные (табл. 3).

Выявлено, что предиктором развития САСЗ у военнослужащих является сочетание показателей: результат пробы Мартине (М), предметное мышление (ПМ), амплитуда моды (АМо), баланс реакции на движущийся объект (БРДО).

Таблица 1

Сравнительный анализ исследуемых показателей в группах военнослужащих

Table 1

Comparative analysis of the studied indicators in groups of military personnel

Показатель, ед. измерения	Обследованные M (sd)		p
	здоровые (n = 45)	больные САСЗ, (n = 33)	
Физиологические показатели			
Показатель сердечной деятельности, усл. ед.	8,2 (1,1)	9,3 (1,5)	0,001
Амплитуда моды интервала RR, усл. ед.	115,1 (37,3)	155,1 (62,9)	0,001
Индекс напряжения Баевского, усл. ед.	301,2 (226,7)	428,9 (219,7)	0,015
Вариабельность интервала RR, ед.	4,9 (1,6)	4,1 (1,9)	0,03
RRmin, мс	695 (116,7)	662,5 (112,3)	0,221
RRmax, мс	1026,3 (202,1)	920,4 (171,9)	0,017
Психофизиологические показатели			
Теппинг-тест – сумма точек, шт.	191 (17,3)	184,1 (18,6)	0,09
Теппинг-тест – количество точек в 3 квадрате, шт.	32,3 (4,1)	30,8 (3,7)	0,09
СЗМР (индекс надежности), %	98,2 (1,2)	97,0 (1,6)	0,001
СЗМР (всего выборов), усл. ед.	329,7 (53,3)	316,9 (54,9)	0,3
РДО (кол-во преждевременных реакций), усл. ед.	3,2 (1,6)	3,6 (1,9)	0,5
РДО (среднее знач. запаздывающих реакций), усл. ед.	40,3 (22,6)	33,4 (16,7)	0,5
Психологические показатели, баллы			
Шкала астении методики Модуль	8,9 (7,2)	12,9 (9,5)	0,036
Эмоционально-волевая шкала методики Модуль	4,5 (4,4)	5,7 (4,3)	0,2
Шкала социальной желательности методики Модуль	3,1 (2,4)	3,3 (2,5)	0,7
Нервно-психическая устойчивость в методике Модуль	41,6 (22,6)	53,3 (32,3)	0,06
Сумма экспертных оценок ВПП	77,8 (4,8)	77,4 (5,0)	0,73

Таблица 2

Частота распределения физиологических, психофизиологических и психологических показателей обследованных

Table 2

Frequency distribution of physiological, psychophysiological and psychological indicators of the examined

Характеристика	Обследованные		p
	здоровые (n = 45)	больные САСЗ (n = 33)	
Проба Руфье (резерв сердечно-сосудистой системы)			
Хороший	45 (100 %)	18 (55 %)	< 0,001
Удовлетворительный	0 (0 %)	15 (45 %)	0,009
Индекс напряжения Баевского (степень централизации)			
Нормальный уровень	12 (27 %)	7 (20 %)	0,477
Компенсированный дистресс	25 (56 %)	13 (40 %)	0,167
Декомпенсированный дистресс	8 (17 %)	13 (40 %)	0,027
Теппинг-тест (тип нервной системы)			
Сильный	7 (16 %)	0 (0 %)	0,018
Средний	22 (48 %)	14 (42 %)	0,601
Слабый	16 (36 %)	19 (58 %)	0,058
Реакция на движущийся объект (уравновешенность нервной системы)			
Возбуждение	14 (31 %)	12 (35 %)	0,644
Баланс	6 (13 %)	6 (18 %)	0,544
Торможение	25 (56 %)	15 (47 %)	0,434
Методика «Модуль» (нервно-психическая устойчивость)			
Высокая	17 (38 %)	2 (6 %)	0,005
Хорошая	28 (62 %)	21 (64 %)	0,857
Удовлетворительная	0 (0 %)	10 (30 %)	<0,001
Уровень успешности профессиональной деятельности			
Высокий	33 (73 %)	13 (39 %)	0,035
Средний	12 (27 %)	20 (61 %)	0,035

Таблица 3

Дискриминантные переменные

Table 3

Discriminant variables

Показатель	Уилкса Лямбда	Частная Лямбда	F-исключ. (1,73)	p-уров.	Толер.	1-толер. (R-кв.)
Результат пробы Мартине	0,769	0,674	35,320	0,000	0,893	0,107
Предметное мышление	0,607	0,854	12,479	0,001	0,890	0,110
Амплитуда моды	0,565	0,917	6,575	0,012	0,959	0,041
Баланс реакции на движущийся объект	0,552	0,939	4,742	0,033	0,953	0,047

Компоненты классификационных функций: переменные и коэффициенты при переменных, константы двух ЛКФ, для определения прогноза развития стресс-ассоциированных соматических заболеваний представлены в табл. 4.

Дискриминантная модель прогноза развития стресс-ассоциированных соматических забо-

леваний имеет прогностическую способность – 85,9 %, чувствительность – 0,72, специфичность – 0,96 (табл. 5).

Алгоритм определения прогноза развития стресс-ассоциированных соматических заболеваний у военнослужащих представлен на рис. 1.

Для определения прогноза развития стресс-ас-

Таблица 4

Классификационные функции для определения прогноза развития стресс-ассоциированных соматических заболеваний

Table 4

Classification functions for determining the prognosis of the development of stress-associated somatic diseases

Показатель	Коэффициенты	
	ЛКФ-1 (Здоров)	ЛКФ-2 (САСЗ)
Результат пробы Мартине	39,9	34,8
Предметное мышление	-0,24	0,28
Амплитуда моды	0,08	0,09
Баланс реакции на движущийся объект	0,75	0,45
Константа	-84,4	-70,8

Таблица 5

Точность распознавания прогноза развития стресс-ассоциированных соматических заболеваний (базовый расчет)

Table 5

Accuracy of recognition of the prognosis of development of stress-associated somatic diseases (basic calculation)

Прогноз	Точность распознавания, %	Число обследованных, абс.	
		здоров	САСЗ
Здоров	95,56	43	2
САСЗ	72,73	9	24
Всего	85,90	52	26

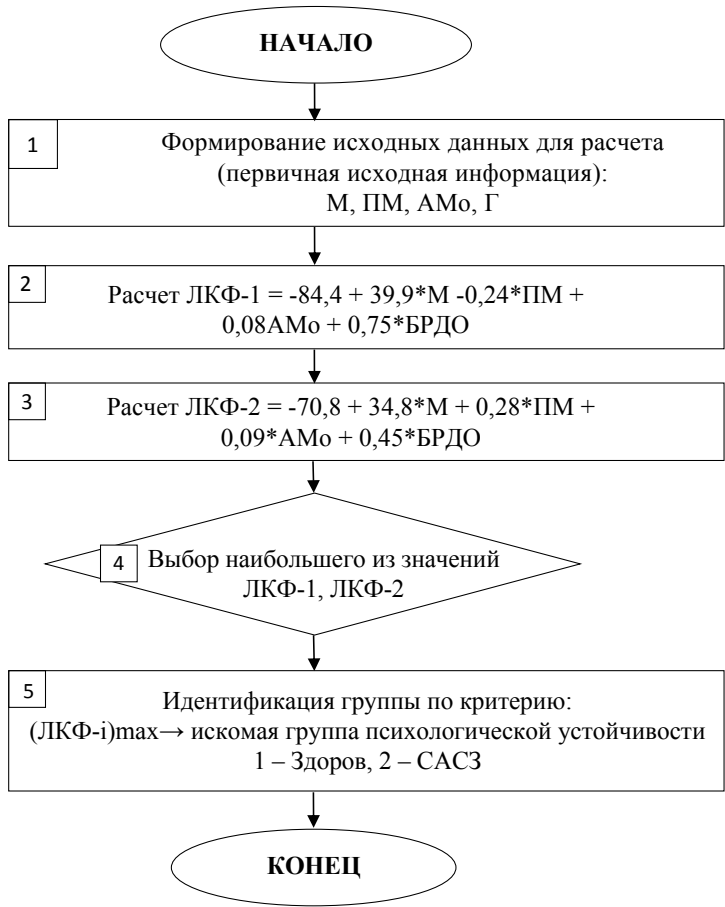


Рис. 1. Алгоритм определения прогноза развития стресс-ассоциированных соматических заболеваний у военнослужащих

Fig. 1. Algorithm for determining the prognosis of the development of stress-associated somatic diseases in military personnel

социированных соматических заболеваний у военнослужащих производят расчет по всем имеющимся формулам: та группа, результаты которой являются наибольшими и является искомой. Для линейных классификационных функций данная процедура – стандартная.

$(ЛКФ-i)_{\max} = \text{Здоров (1) или развитие САСЗ (2)}$.

Обсуждение. По результатам исследования выявлено, что военнослужащих, страдающих САСЗ, в отличие от здоровых лиц, характеризует большая частота удовлетворительного резерва сердечно-сосудистой системы, выявленного по пробе Руфье; большее число лиц, имеющих декомпенсированный дистресс по ИН методики РКГ; отсутствие лиц с сильным типом НС в основном представлены средний и слабый типы НС по методике ТТ; меньшее количество лиц с высокой НПУ и преобладание обследо-

ванных с удовлетворительной НПУ, по методике «Модуль»; меньшее число лиц с высоким уровнем и большее со средним уровнем успешности профессиональной деятельности. Данные результаты согласуются с результатами других ученых [11, 12].

Разработанная модель прогноза развития САСЗ у военнослужащих содержит показатели физиологического, психофизиологического и психологического уровня. Что указывает на наличие комплексного влияния на развитие САСЗ.

Заключение. Разработанную модель прогноза развития САСЗ у военнослужащих целесообразно применять в мероприятиях медико-психологического сопровождения военнослужащих. При выявлении риска развития САСЗ необходимо проведение профилактических мероприятий.

Сведения об авторах:

Фетцова Люция Наильевна – младший научный сотрудник, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0009-0009-2852-2971; e-mail: luciafetcova@gmail.com

Серова Юлия Сергеевна – научный сотрудник, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0009-0006-8056-2178; e-mail: serziulia@gmail.com

Тавбулатов Хамзат Ахмедович – врач-специалист госпитального отделения, войсковая часть 28337; 143070, Московская область, Одинцовский городской округ, г. Кубинка, стр. 181; ORCID: 0009-0009-5504-9905; e-mail: hamzat.tavbulatov@icloud.com

Шестова Анастасия Андреевна – студентка, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова; 191015, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41; ORCID: 0009-0004-7002-4232; e-mail: Shestova0507033@mail.ru

Порожников Павел Алексеевич – преподаватель учебного центра, войсковая часть 45707; 198510, Санкт-Петербург, г. Петергоф, ул. Константиновская, д. 25; ORCID: 0000-0001-8053-320X; e-mail: pak_12-29@mail.ru

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

Ятманов Алексей Николаевич – кандидат медицинских наук, докторант, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0003-0043-3255; e-mail: yan20220@mail.ru

Information about the authors:

Lyutsiya N. Fetsova – Junior Researcher, Military Medical Academy; 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0009-0009-2852-2971; e-mail: luciafetcova@gmail.com

Yulia S. Serova – Researcher, Military Medical Academy; 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0009-0006-8056-2178; e-mail: serziulia@gmail.com

Khamzat A. Tavbulatov – Medical Specialist of the Hospital Department, Military Unit 28337; 143070, Moscow region, Odintsovo, Kubinka, bldg 181; ORCID: 0009-0009-5504-9905; e-mail: hamzat.tavbulatov@icloud.com

Anastasia A. Shestova – Student, North-West State Medical University named after I. I. Mechnikov; 191015, Saint Petersburg, Kirochnaya Str., 41; ORCID: 0009-0004-7002-4232; e-mail: Shestova0507033@mail.ru

Pavel A. Porozhnikov – Teacher of the Training Center, Military Unit 45707; 198510, Saint Petersburg, Petergof, Konstantinovskaya Str., 25; ORCID: 0000-0001-8053-320X; e-mail: pak_12-29@mail.ru

Konstantin V. Dnov – Dr. of Sci. (Med.), Associate Professor, Lecturer in the Department of Military Field Therapy, Military Medical Academy; 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0000-0002-1054-4779; e-mail: konstantindnov@yandex.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: yan20220@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 – П. А. Порожников, А. Н. Ятманов; сбор данных – А. А. Шестова, Л. Н. Фетцова, Ю. С. Серова; статистическая обработка полученного материала – А. Н. Ятманов,

Х. А. Тавбулатов; подготовка рукописи – Л. Н. Фетцова, Ю. С. Серова, Х. А. Тавбулатов, А. А. Шестова, К. В. Днов, А. Н. Ятманов

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: PAP, ANYa contribution to the concept and plan of the study. AASh, LNF, YuSS contribution to data collection. ANYa, KhAT contribution to data analysis and conclusions. LNF, YuSS, KhAT, AASh, KVD, 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: 25.12.2024

Принята к печати/Accepted: 15.03.2025

Опубликована/Published: 30.03.2025

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Чермянин С. В. Психология чрезвычайных и экстремальных ситуаций. СПб.: Айсинг. 2015. 208 с. [Chermyanin S. V. Psychology of emergency and extreme situations. St Petersburg: Aising, 2015, 208 p. (In Russ.)].
2. Юсупов В. В., Корзунин В. А., Филиппова Е. О., Левич С. Н., Марченко Л. О. Разработка психодиагностического комплекса оценки психологической пригодности граждан для подготовки по водительским специальностям в организациях ДОСААФ России // *Клиническая патофизиология*. 2024. Т. 30, № 4. С. 99–104 [Yusupov V. V., Korzunin V. A., Filippova E. O., Levich S. N., Marchenko L. O. Development of a psychodiagnostic complex for assessing the psychological suitability of citizens for training in driving specialties in DOSAAF organizations of Russia. *Clinical pathophysiology*, 2024, Vol. 30, No. 4, pp. 99–104 (In Russ.)].
3. Марченко Л. О., Филиппова Е. О., Левич С. Н., Юсупов В. В., Кухталев В. В. Особенности медико-психологического сопровождения военнослужащих-водителей // *Вестник психотерапии*. 2022. № 82. С. 61–69 [Marchenko L. O., Filippova E. O., Levich S. N., Yusupov V. V., Kukhtalev V. V. Features of medical and psychological support of military drivers. *Bulletin of Psychotherapy*, 2022, No. 82, pp. 61–69 (In Russ.)].
4. Евдокимов В. И., Сивашченко П. П. Сравнительный анализ медико-статистических показателей заболеваемости военнослужащих по контракту Военно-морского флота и Сухопутных войск России (2003–2018 гг.) // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2019. № 1. С. 35–62 [Evdokimov V. I., Sivashchenko P. P. Comparative analysis of medical and statistical indicators of morbidity of contract servicemen of the Navy and Ground Forces of Russia (2003–2018). *Medical, biological and socio-psychological problems of safety in emergency situations*, 2019, No. 1, pp. 35–62 (In Russ.)].
5. Юдин В. Е. Особенности психических нарушений и оценка качества жизни у военнослужащих, получивших ранения в локальных вооруженных конфликтах // *Военно-медицинский журнал*. 2011. Т. 332, № 2. С. 21–25 [Yudin V. E. Features of mental disorders and assessment of the quality of life in military personnel wounded in local armed conflicts. *Military Medical Journal*, 2011, Vol. 332, No. 2, pp. 21–25 (In Russ.)].
6. McCombie A., Gearry R., Andrews J. Computerized cognitive behavioural therapy for psychological distress in patients with physical illnesses: a systematic review. *J. Clin. Psychol. Med. Settings*, 2015, Vol. 22, No. 1, pp. 20–44.
7. Burg M. M., Soufer R. Post-traumatic Stress Disorder and Cardiovascular Disease. *Curr. Cardiol. Rep.*, 2016, Vol. 18, No. 10, 94 p.
8. Balint E. M., Boseva P., Schury K. High prevalence of posttraumatic stress in patients with primary hypertension. *Gen. Hosp. Psychiatry*, 2016, Vol. 38, pp. 53–58.
9. Boos C. J., Croft A. M. Smoking rates in the staff of a military field hospital before and after wartime deployment. *J. R. Soc. Med.*, 2004, Vol. 97, N 1, pp. 20–22.
10. Евдокимов В. И., Сивашченко П. П., Григорьев С. Г., Иванов В. В. Показатели увольняемости военнослужащих из Вооруженных Сил Российской Федерации по состоянию здоровья в 2003–2018 гг // *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. 2020. № 2 (70). С. 164–170 [Evdokimov V. I., Sivashchenko P. P., Grigoriev S. G., Ivanov V. V. Dismissal rates of military personnel from the Armed Forces of the Russian Federation due to health reasons in 2003–2018. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*, 2020, No. 2 (70), pp. 164–170 (In Russ.)].
11. Зеленина Н. В., Федоткина И. В. Связь личностных особенностей со стресс-индуцированными соматическими заболеваниями у курсантов // *Актуальные проблемы защиты и безопасности*. 2021. С. 163–171 [Zelenina N. V., Fedotkina I. V. Relationship between personality traits and stress-induced somatic diseases in cadets. *Actual problems of protection and security*, 2021, pp. 163–171 (In Russ.)].
12. Авагимян А. А., Хачатрян Р. Х., Оганов Р. Г., Саррафзадеган Н., Чернова А. А., Ивашкина М. Г., Ионов А. Ю. Влияние экзаменационного стресса на развитие стресс-индуцированных заболеваний сердечно-сосудистой системы // *Кардиология в Беларуси*. 2020. Т. 12, № 2. С. 253–264 [Avagimyan A. A., Khachatryan R. Kh., Oganov R. G., Sarrafzadegan N., Chernova A. A., Ivashkina M. G., Ionov A. Yu. The Impact of Examination Stress on the Development of Stress-Induced Cardiovascular Diseases. *Cardiology in Belarus*, 2020, Vol. 12, No. 2, pp. 253–264 (In Russ.)].

ОБЩАЯ НЕСПЕЦИФИЧЕСКАЯ РЕАКТИВНОСТЬ, КАК ИНТЕГРАТИВНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ СКЛОННОСТИ ЧЕЛОВЕКА К ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ И ПСИХИЧЕСКОЙ ДЕЗАДАПТАЦИИ: РЕТРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

А. Б. Мулик*, И. В. Улесикова, Д. В. Моисеев, В. В. Юсупов, И. И. Дорофеев, Ю. А. Шатыр
Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

ВВЕДЕНИЕ. Индивидуальный уровень общей неспецифической реактивности организма (УОНРО), базирующийся на соотношении кататоксического и синтоксического механизмов реагирования, наделенных соответствующим психофизиологическим и психоэмоциональным сопровождением, так или иначе предопределяет выраженность риска развития функциональной и психической дезадаптации у человека. В результате ранее выполненного собственного исследования была обоснована возможность экспресс-оценки УОНРО посредством опросного тестирования.

ЦЕЛЬ. Выявить и охарактеризовать связи УОНРО с основными показателями склонности человека к функциональной и психической дезадаптации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В исследовании приняли участие 379 человек: 151 мужчина и 228 женщин, 18–25 лет, коренных жителей Республики Крым, Волгоградской, Вологодской и Архангельской областей. Испытуемые являлись студентами государственных вузов. Склонность участников исследования к функциональной и психической дезадаптации оценивали посредством использования стандартных методов психофизиологического и психологического тестирования. Статистический анализ данных выполняли путем расчета коэффициента корреляции Спирмена и по F-критерию Фишера.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Результаты выполненного исследования подтверждают наличие статистически значимых корреляционных связей УОНРО с показателями склонности мужчин и женщин к функциональной и психической дезадаптации. Прежде всего, необходимо выделить стрессреактивность, отражающую физиологический компонент реагирования организма на экзогенный стимул. Полученный результат свидетельствует о повышении стрессреактивности и, соответственно, склонности к дезадаптации по мере роста УОНРО. Последующее распределение испытуемых с различным УОНРО по группам высокой, средней и низкой степени проявления показателей риска развития функциональной и психической дезадаптации позволило конкретизировать значимость различий частоты встречаемости представителей каждого уровня реактивности во всех выделенных группах. По абсолютному большинству психосоматических показателей в группах с высокой степенью риска дезадаптации либо полностью отсутствуют как мужчины, так и женщины из числа испытуемых (боли в сердце), либо их число ограничивается единичными случаями (головная боль, боли в желудке, в животе, аллергизация, физическая утомляемость, бессонница). В отношении психологических показателей в основном наблюдается аналогичная ситуация в группах с высокой степенью риска дезадаптации, за исключением депрессивности у мужчин, где на долю лиц с высоким УОНРО приходится 46 % от общего числа мужчин с высоким УОНРО. В группах с низкой степенью риска дезадаптации максимальная концентрация выраженности данного признака проявляется у мужчин и женщин с низким УОНРО, достигая статистически значимого уровня различий относительно представителей высокого УОНРО. Причем у мужчин данное различие более всего выражено по всему спектру психосоматических показателей, а у женщин – по показателям психологического риска дезадаптации и отдельных показателей психосоматической напряженности (головная боль, боль в желудке, физическая утомляемость). Группы мужчин и женщин со средней степенью риска дезадаптации по большинству анализируемых показателей демонстрируют промежуточную выраженность частоты встречаемости представителей каждого уровня реактивности относительно групп мужчин и женщин со средней и низкой степенью склонности к дезадаптации.

ОБСУЖДЕНИЕ. Выявлены системные взаимосвязи физиологического проявления стрессреактивности, определяемой по выраженности ноцицептивной чувствительности организма и, субъективных самоощущений человека в отношении различных ситуативных предъявлений экзогенных раздражителей, ретроспективно оцениваемых посредством опросного тестирования. Однонаправленная положительная связь УОНРО с психосоматическими и психологическими индикаторами риска дезадаптации подтверждает комплексный характер организации гомеостаза у человека в зависимости от его индивидуального психофизиологического статуса. Представленные данные обосновывают целесообразность использования УОНРО в качестве индикатора склонности человека к функциональной и психической дезадаптации.

© 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>

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. В результате выполненного исследования выявлены и охарактеризованы связи УОНРО с основными показателями склонности человека к функциональной и психической дезадаптации. Применение опросной экспресс-методики определения УОНРО способно оптимизировать первичную оценку риска системной дезадаптации человека.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, общая неспецифическая реактивность организма, УОНРО, функциональная дезадаптация, психическая дезадаптация, индикаторы риска дезадаптации

Для корреспонденции: Мулик Александр Борисович, e-mail: mulikab@mail.ru

For correspondence: Alexander B. Mulik, e-mail: mulikab@mail.ru

Для цитирования: Мулик А. Б., Улесикова И. В., Моисеев Д. В., Юсупов В. В., Дорофеев И. И., Шатыр Ю. А. Общая неспецифическая реактивность, как интегративный показатель склонности человека к функциональной и психической дезадаптации: ретроспективное исследование // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 5. С. 126–138, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-126-138>; EDN: <https://elibrary.ru/KZYPAM>

For citation: Mulik A. B., Ulesikova I. V., Moiseev D. V., Yusupov V. V., Dorofeev I. I., Shatyr Yu. A. General nonspecific reactivity as integrative indicator of human propensity to functional and mental maladaptation: retrospective study // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, № 1. P. 126–138, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-126-138>; EDN: <https://elibrary.ru/KZYPAM>

GENERAL NONSPECIFIC REACTIVITY AS INTEGRATIVE INDICATOR OF HUMAN PROPENSITY TO FUNCTIONAL AND MENTAL MALADAPTATION: RETROSPECTIVE STUDY

Alexandr B. Mulik*, Irina V. Ulesikova, Daniil V. Moiseev, Vladislav V. Yusupov, Ivan I. Dorofeev,
Yulia A. Shatyr
Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

INTRODUCTION. The individual level of general nonspecific organism reactivity (GNORL), based on the ratio of catatoxic and syntoxic response mechanisms, endowed with appropriate psychophysiological and psychoemotional support, somehow predetermines the severity of the risk of functional and mental maladaptation development in a person. As a result of previously performed own research the possibility of express-assessment of GNORL by means of questionnaire testing was substantiated.

OBJECTIVE. To identify and characterize the links of the GNORL with the main indicators of a person's propensity to functional and mental maladaptation.

MATERIALS AND METHODS. The study involved 379 participants: 151 men and 228 women, 18–25 years old, native residents of the Republic of Crimea, Volgograd, Vologda and Arkhangelsk regions. The test subjects were students of state universities. The propensity of the study participants to functional and mental maladaptation was assessed through the use of standard methods of psychophysiological and psychological testing. Statistical analysis of the data was performed by calculating the Spearman correlation coefficient and Fisher's F-criterion.

RESULTS. The results of the study confirm the presence of statistically significant correlations of the GNORL level with the indicators of men's and women's propensity to functional and mental maladaptation. First of all, it is necessary to emphasize stressreactivity, reflecting the physiological component of the organism's response to an exogenous stimulus. The obtained result indicates an increase in stressreactivity and, accordingly, in the tendency to maladaptation with the growth of GNORL. Subsequent distribution of subjects with different GNORL into groups of high, medium and low degree of manifestation of risk indicators of functional and mental maladaptation development allowed us to specify the significance of differences in the frequency of occurrence of representatives of each level of reactivity in all selected groups. For the absolute majority of psychosomatic indicators in groups with a high degree of maladaptation risk, both male and female subjects are either completely absent (heart pain) or their number is limited to single cases (headache, stomach pain, abdominal pain, allergization, physical fatigue, insomnia). With regard to psychological indicators, a similar situation arises in the high-risk maladaptation groups, with the exception of depression in males, where those with high GNORL account for 46% of the total number of males with high GNORL. In groups with a low degree of maladaptation risk, the maximum concentration of expression of this trait is manifested in men and women with low GNORL, reaching a statistically significant level of difference with respect to representatives of high GNORL. Moreover, in men this difference is most pronounced for the whole spectrum of psychosomatic indicators, and in women – for the indicators of psychological risk of maladaptation and separate indicators of psychosomatic tension (headache, stomach pain, physical fatigue). The groups of men and women with an average degree of maladaptation risk for most of the analyzed indicators demonstrate intermediate expression of the frequency of occurrence of representatives of each level of reactivity relative to the groups of men and women with an average and low degree of propensity to maladaptation.

DISCUSSION. There have been revealed systemic interrelations of physiological manifestation of stress reactivity, determined by the expression of nociceptive sensitivity of the organism and subjective self-perception of a person in

relation to various situational presentations of exogenous stimuli, retrospectively evaluated by means of questionnaire testing. Unidirectional positive correlation of GNORL with psychosomatic and psychological indicators of maladaptation risk confirms the complex nature of homeostasis organization in humans depending on their individual psychophysiological status. The presented data substantiate the expediency of using GNORL as an indicator of a person's propensity to functional and mental maladaptation.

CONCLUSION. As a result of the performed research the links of GNORL with the main indicators of a person's propensity to functional and mental maladaptation have been revealed and characterized. The use of questionnaire express-methodology of GNORL determination is able to optimize the primary assessment of the risk of systemic human maladaptation.

KEYWORDS: marine medicine, general nonspecific organism reactivity, GNORL, functional maladaptation, mental maladaptation, maladaptation risk indicators

Введение. Как известно, реакция организма на любой раздражитель предполагает последовательную реализацию двух компонент – неспецифическую и специфическую. Первичное неспецифическое реагирование организма на то или иное воздействие обеспечивается кататоксическими и синтоксическими механизмами. Кататоксический вариант реагирования сопровождается возбуждением симпатического отдела вегетативной нервной системы, быстрой сменой адаптивных программ, оперативным развитием физиологических эффектов, психоэмоциональной лабильностью, активным стилем поведения. Синтоксический вариант приспособления базируется на возбуждении парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, стремлении сохранения исходных состояний гомеостаза, сопровождаемом функциональной и психоэмоциональной инертностью, пассивным стилем поведения [1]. Каждый организм наделен реципрокной системой реализации реактивности – резистентности при неспецифическом реагировании на раздражитель. При этом резистентность в целом обеспечивает процессы защитно-приспособительного характера в системном реагировании организма на чрезвычайный раздражитель. На уровне отдельного организма фоновая выраженность общей неспецифической реактивности генетически детерминирована, связана с рядом фенотипических признаков, проявляемых в конституции, состоянии нервной, эндокринной и иммунной систем, особенностях обмена веществ, зависит от пола, возраста, фаз циркадианной и инфрадианной цикличности, условий среды жизнедеятельности [2–4].

Следует констатировать, что индивидуальный уровень общей неспецифической реактивности организма (УОНРО), базирующийся на соотношении кататоксического и синтоксического механизмов реагирования [5], наделен

ных соответствующим психофизиологическим и психоэмоциональным сопровождением, так или иначе будет предопределять выраженность риска развития функциональной и психической дезадаптации. Вне зависимости от природы стрессора и последующего специфического физиологического и психологического ответа [6] более устойчивым к дезадаптации, скорее всего, окажется тот организм, который менее чувствителен и обладает выраженным синтоксическим потенциалом.

Представленные данные предполагают целесообразность использования УОНРО в качестве индикатора склонности человека к функциональной и психической дезадаптации. В результате ранее выполненного собственного исследования была обоснована возможность экспресс-оценки УОНРО посредством опросного тестирования¹.

Цель. Выявить и охарактеризовать связи уровня общей неспецифической реактивности с основными показателями склонности человека к функциональной и психической дезадаптации.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 379 человек: 151 мужчина и 228 женщин, 18–25 лет, представителей европеоидной расы, коренных жителей Республики Крым, Волгоградской, Вологодской и Архангельской областей. Испытуемые являлись студентами государственных вузов, обучение в которых характеризуется повышенной интеллектуальной и психоэмоциональной нагрузкой. Респонденты воспитывались в полной, социально благополучной семье, не испытывали финансовых и бытовых проблем, не имели

¹Мулик А. Б., Шатыр Ю. А., Улесикова И. В., Назаров Н. О. Оценка общей неспецифической реактивности организма человека: Методические рекомендации. СПб.: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений. 2023. 8 с.

хронических соматических и неврологических заболеваний. При подготовке и проведении исследования были соблюдены принципы Всеобщей декларации о биоэтике и правах человека в части статей 4 (благо и вред), 5 (самостоятельность и индивидуальная ответственность), 6 (согласие) и 9 (неприкосновенность частной жизни и конфиденциальность). Участие в исследовании было добровольным. До включения в исследование все участники выразили информированное согласие. Исследование было одобрено Этическим комитетом при Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова (Санкт-Петербург, Россия), протокол № 295 от 22.10.2024 г.

УОНРО определяли посредством суммирования положительных ответов на 11 вопросов-утверждений, прямо связанных с показателями функционального проявления неспецифической реактивности организма человека:

1. Вы обжигаетесь горячим чаем;
2. Сильное волнение может вызвать у Вас боль в желудке;
3. Вы плохо переносите жаркую погоду;
4. Зимой у Вас быстро замерзают руки;
5. Ваша кожа чувствительна к солнцу;
6. От усталости у Вас болит голова;
7. Вас напрягает холодная погода;
8. Вы всегда понимаете человека с полуслова;
9. Вы чувствуете, когда кто-то смотрит Вам в спину;
10. Вы часто обжигаете язык, пробуя горячую еду;
11. Вы боитесь щекотки.

Сумма от 0 до 3 баллов соответствует низкому УОНРО, от 4 до 7 баллов – среднему, и от 8 до 11 баллов – высокому УОНРО².

Стрессреактивность оценивали по выраженности ноцицептивной чувствительности организма. Для этого, используя лабораторный алгезиметр, определяли порог тепловой чувствительности (ПТЧ). В момент рефлекс-

торного устранения кисти от теплового раздражителя фиксировали время в секундах, соответствующее ПТЧ. Минимальные значения ПТЧ отражают высокую стрессреактивность, максимальные значения – выраженную стрессрезистентность, а промежуточные значения ПТЧ – среднюю степень устойчивости к стрессу³. Склонность к функциональной и психической дезадаптации определяли по степени аллергизации и показателям теста И. Н. Гурвича [7], характеризующим психосоматическую, психофизиологическую и психологическую напряженность. Отдельно учитывали показатели Гиссенского опросника соматических жалоб и показатели тревожно-депрессивных расстройств (шкала HADS), определяли наличие суицидальных идеаций по модулю суицидальных идей Колумбийской шкалы серьезности суицидальных намерений (C-SSRS), удовлетворенность жизнью оценивали по показателю G3-методики Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) КЖ-100 [8].

Формирование базы данных первичной информации и статистическая обработка результатов исследования проведены в программах MS Excel 2007 (12.0.6611.1000; Microsoft Corporation, США), Statistica 6.0 (StatSoft Inc., США). Статистический анализ данных выполняли путем расчета коэффициента корреляции Спирмена и по F-критерию Фишера.

Результаты. В начале исследования была определена нормальность распределения выраженности УОНРО в выборочных совокупностях мужчин и женщин (рис. 1), что подтверждает его общепсихологический характер проявления у человека.

В результате анализа литературных данных [9, 10] был сформирован набор показателей, характеризующих склонность человека к функциональной и психической дезадаптации. Последующий корреляционный анализ связей этих показателей с УОНРО представлен на рис. 2.

Для дальнейшего анализа данных во внимание принимали только показатели, имеющие статистически значимые связи с УОНРО в исследуемых группах. По каждому анализируемому

²Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024663373, Российская Федерация. Программа для экспресс-оценки уровня общей неспецифической реактивности организма человека: опублик. 05.06.2024 / А. Б. Мулик, Ю. А. Шатыр, А. А. Котляров, И. В. Улесикова; заявитель Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации.

³Патент на изобретение № 2222258 С2 Российская Федерация. Способ определения стрессустойчивости человека: опублик. 27.01.2004 / А. Б. Мулик, И. Г. Мулик; патентообладатель Волгоградский государственный университет, Мулик А. Б., Мулик И. Г.

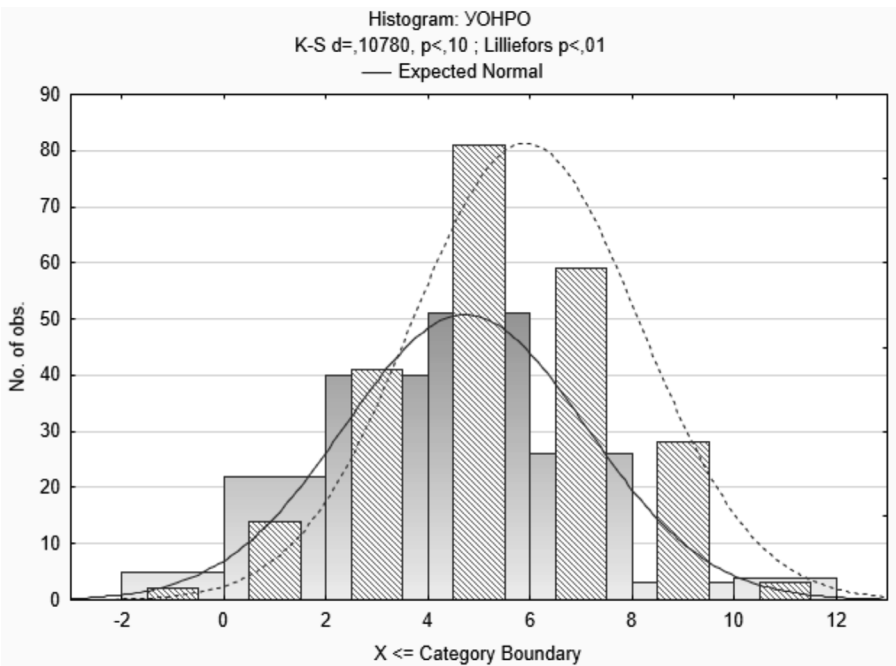


Рис. 1. Нормальность распределения показателя УОНРО у мужчин (■) и женщин (▨)
Fig. 1. Normality of distribution of the LGNSRO indicator in men (■) and women (▨)

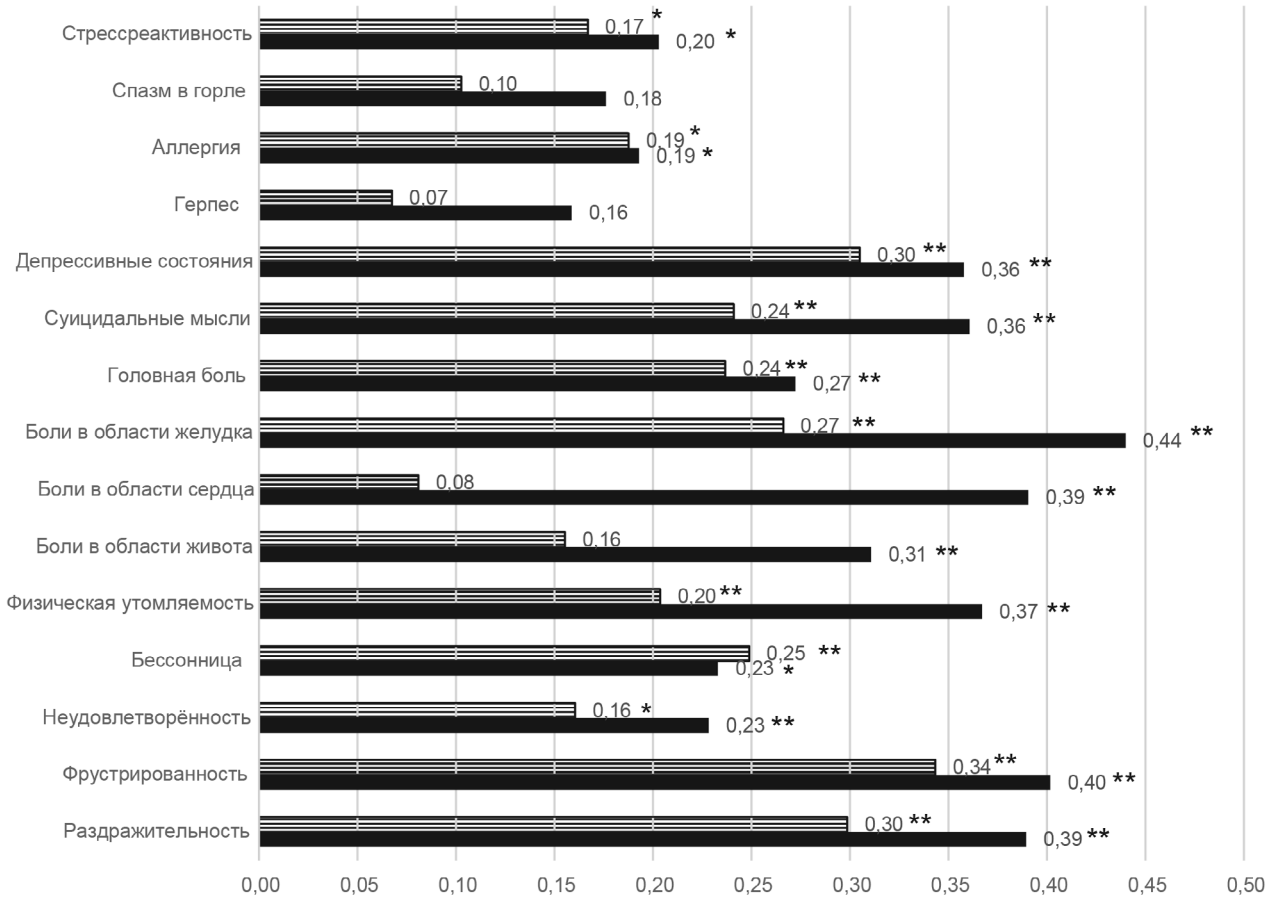


Рис. 2. Корреляционные связи УОНРО с показателями склонности человека к функциональной и психической дезадаптации; * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$

Fig. 2. Correlation links of the LGNSRO with indicators of a person’s tendency to functional and mental maladaptation; * – $p \leq 0.05$; ** – $p \leq 0.01$

показателю определяли границы нормативных значений высокой, средней и низкой степени их проявления у человека (см. таблицу).

Распределение мужчин и женщин с различным УОНРО по группам выраженности показателей высокой, средней и низкой степени проявления склонности к функциональной и психической дезадаптации отражено на рис. 3–15. По каждому анализируемому показате-

лю было выполнено сопоставление относительного числа лиц, характеризующихся высоким, средним и низким УОНРО внутри групп с различной степенью проявления риска дезадаптации. Посредством применения точного метода Фишера попарно (высокий УОНРО – низкий УОНРО; высокий УОНРО – средний УОНРО; средний УОНРО – низкий УОНРО) оценивали статистическую значимость различий частоты

Таблица

Границы нормативных значений показателей высокой, средней и низкой степени проявления склонности человека к функциональной и психической дезадаптации

Table

Показатель	Степень проявления склонности к дезадаптации (ед.)		
	низкая	средняя	высокая
Стрессреактивность	23–32	9–22	0–8
Головная боль	0–1	2–3	4–5
Боли в области желудка	0–1	2–3	4–5
Боли в области сердца	0–1	2–3	4–5
Боли в области живота	0–1	2–3	4–5
Физическая утомляемость	0–1	2–3	4–5
Бессонница	0–1	2–3	4–5
Фрустрированность	0–2	3–8	9–12
Раздражительность	0–5	6–9	10–12
Неудовлетворенность	4–5	2–3	0–1
Депрессивность	0–1	2–3	4–5
Суицидальные мысли	0–1	2–3	4–5
Аллергия	0–1	2–3	4–5

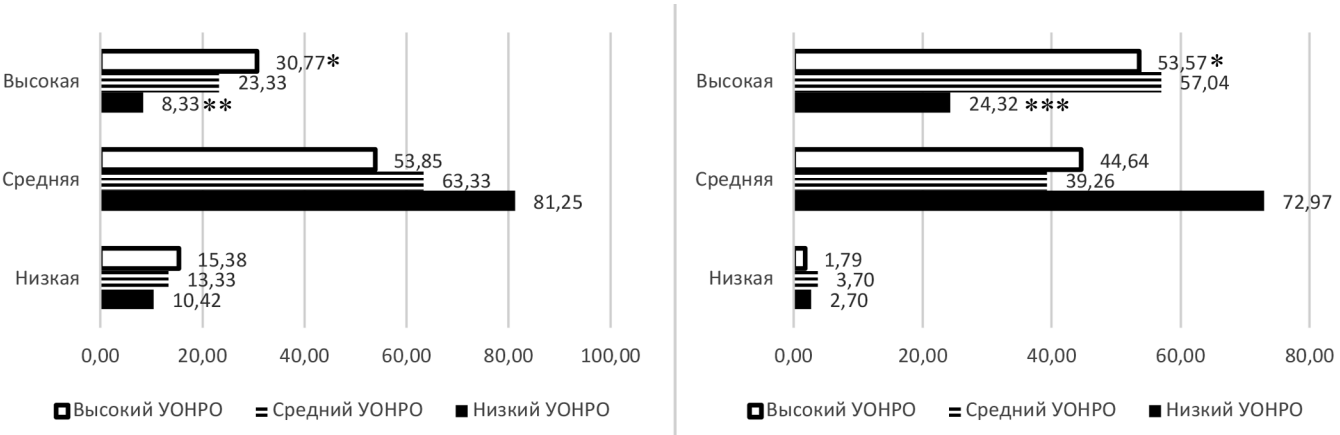


Рис. 3. Степень проявления стрессреактивности у мужчин (слева) и женщин (справа) с различным УОНРО; *** – $p \leq 0,05$; **** – $p \leq 0,01$

Fig. 3. The degree of manifestation of stress reactivity in men (left) and women (right) with different LGNSRO; *** – $p \leq 0.05$; **** – $p \leq 0.01$

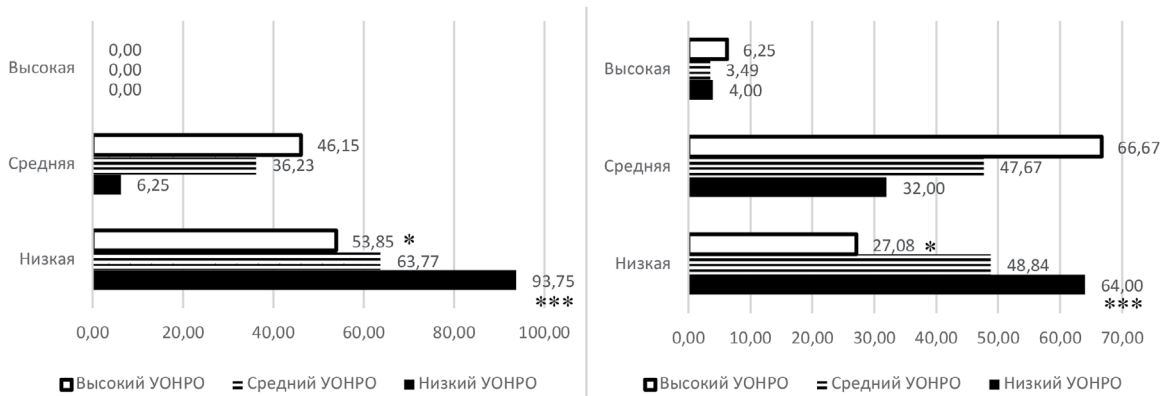


Рис. 4. Степень проявления головной боли у мужчин (слева) и женщин (справа) с различным УОНРО; *—*** — $p \leq 0,01$

Fig. 4. The degree of headache manifestation in men (left) and women (right) with different LGNSRO; *—*** — $p \leq 0,01$

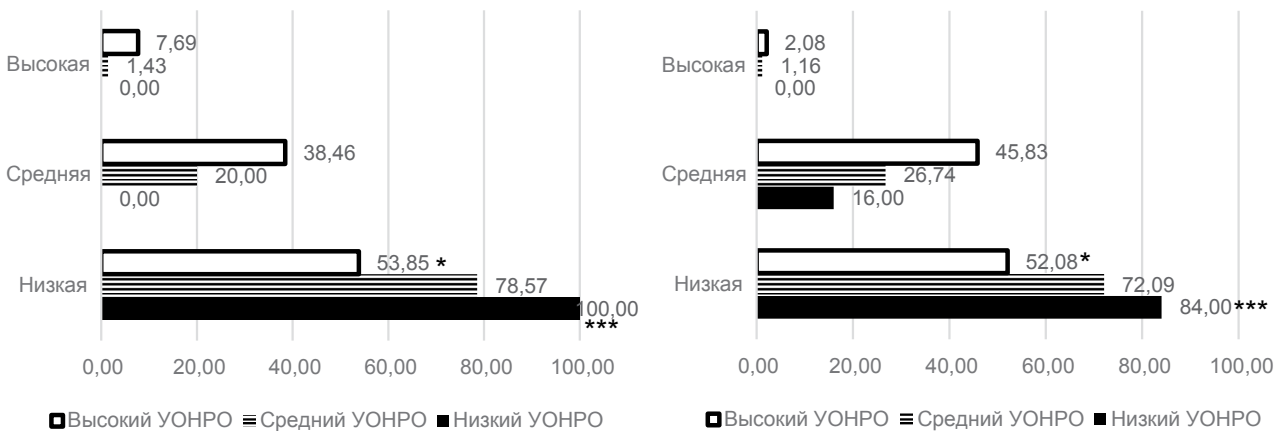


Рис. 5. Степень проявления болей в желудке у мужчин (слева) и женщин (справа) с различным УОНРО; *—*** — $p \leq 0,01$

Fig. 5. The degree of manifestation of stomach pain in men (left) and women (right) with different LGNSRO; *—*** — $p \leq 0,01$

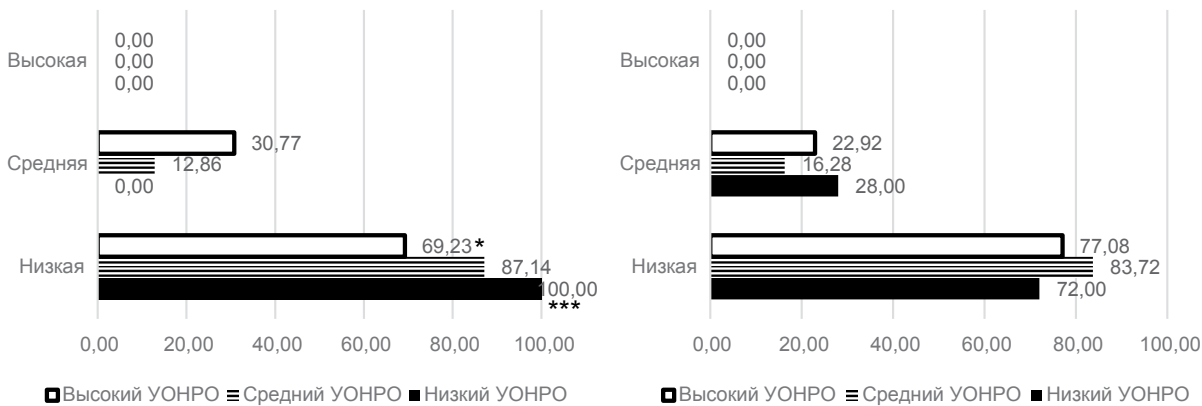


Рис. 6. Степень проявления болей в сердце у мужчин (слева) и женщин (справа) с различным УОНРО; *—*** — $p \leq 0,01$

Fig. 6. The degree of manifestation of heart pain in men (left) and women (right) with different LGNSRO; *—*** — $p \leq 0,01$

встречаемости представителей каждого уровня реактивности во всех выделенных группах.

Обсуждение. Результаты, представленные на рис. 2, подтверждают наличие системных свя-

зей УОНРО с показателями склонности мужчин и женщин к функциональной и психической дезадаптации. Прежде всего, необходимо выделить стрессреактивность, отражающую физио-

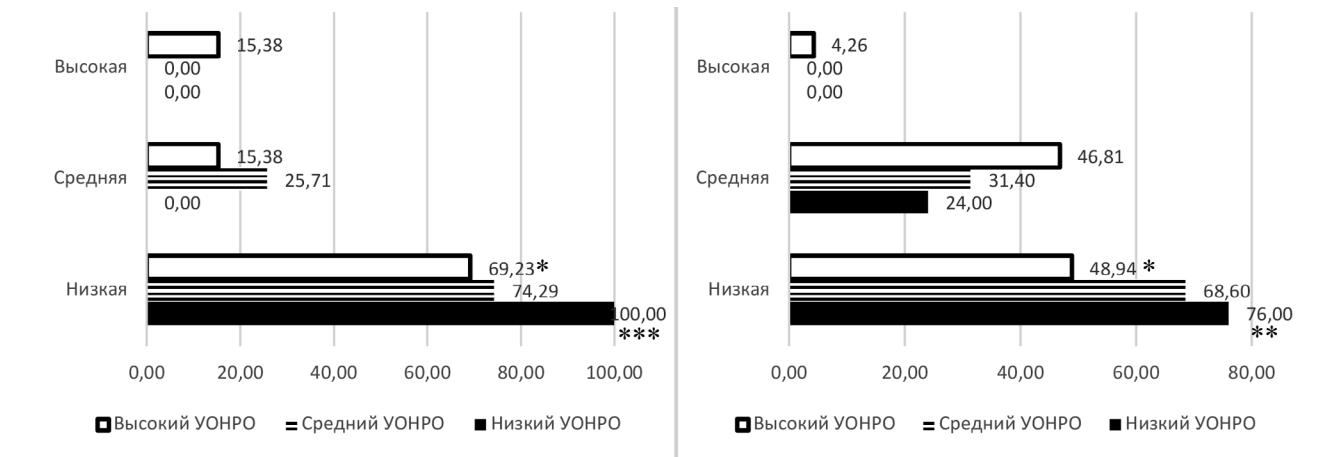


Рис. 7. Степень проявления болей в области живота у мужчин (слева) и женщин (справа) с различным УОНРО; *** – $p \leq 0,05$; **** – $p \leq 0,01$

Fig. 7. The degree of manifestation of abdominal pain in men (left) and women (right) with different LGNSRO; *** – $p \leq 0.05$; **** – $p \leq 0.01$

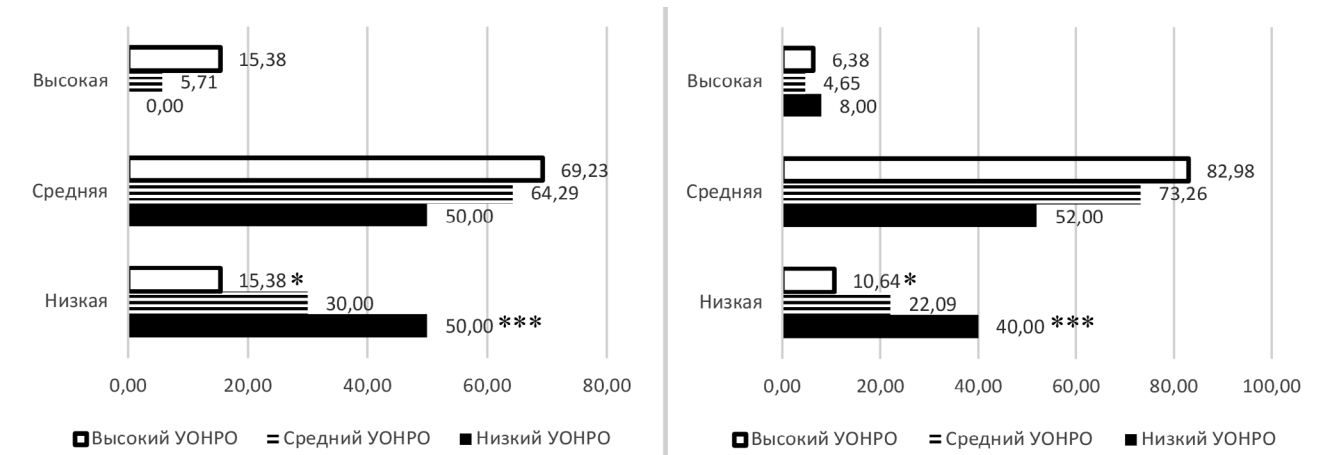


Рис. 8. Степень проявления физической утомляемости у мужчин (слева) и женщин (справа) с различным УОНРО; **** – $p \leq 0,01$

Fig. 8. The degree of manifestation of physical fatigue in men (left) and women (right) with different LGNSRO; **** – $p \leq 0.01$

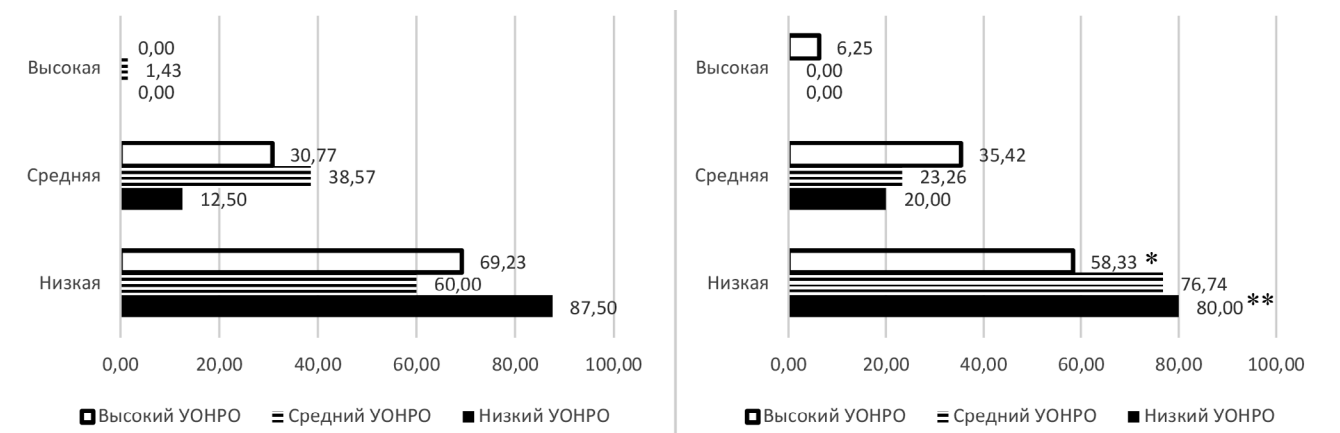


Рис. 9. Степень проявления бессонницы у мужчин (слева) и женщин (справа) с различным УОНРО; *** – $p \leq 0,05$

Fig. 9. The degree of insomnia in men (left) and women (right) with different LGNSRO; *** – $p \leq 0.05$

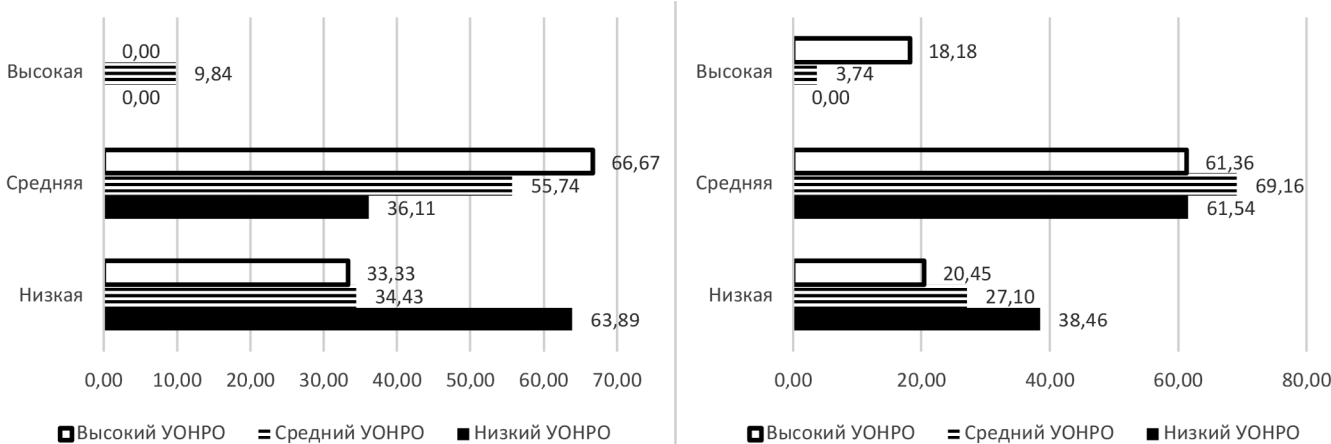


Рис. 10. Степень проявления фрустрированности у мужчин (слева) и женщин (справа) с различным УОНРО

Fig. 10. The degree of manifestation of frustration in men (left) and women (right) with different LGNSRO

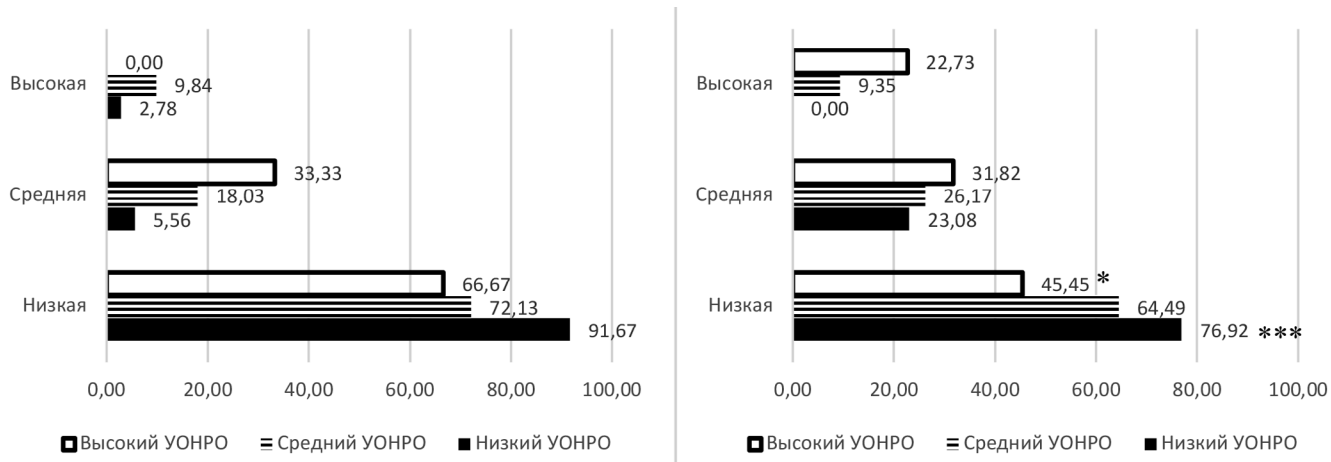


Рис. 11. Степень проявления раздражительности у мужчин (слева) и женщин (справа) с различным УОНРО; *—*** — $p \leq 0,01$.

Fig. 11. The degree of irritability in men (left) and women (right) with different LGNSRO; *—*** — $p \leq 0.01$.

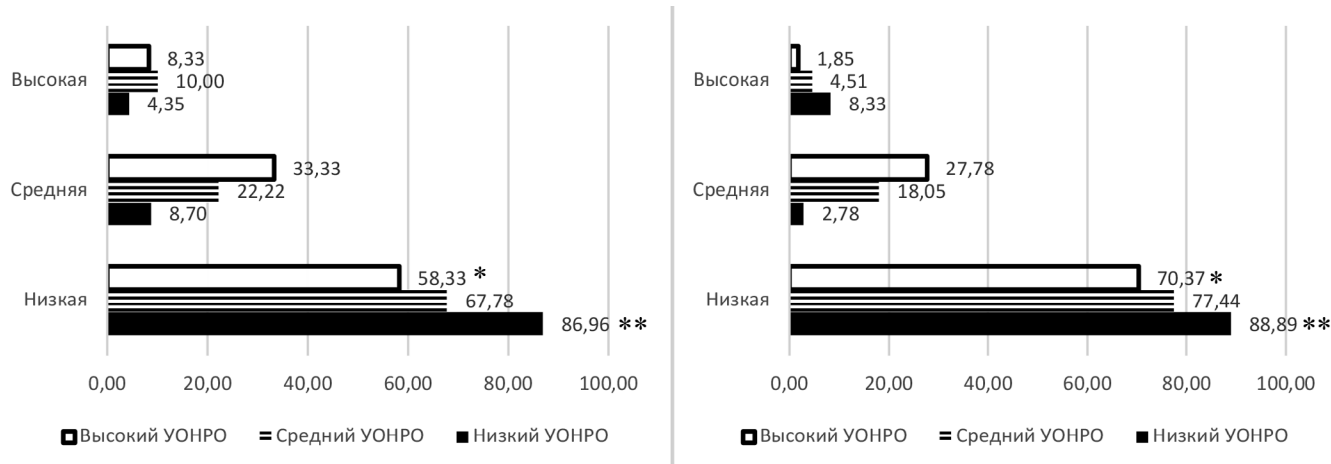


Рис. 12. Степень проявления общей неудовлетворённости жизнью у мужчин (слева) и женщин (справа) с различным УОНРО; *—*** — $p \leq 0,05$

Fig. 12. The degree of manifestation of general dissatisfaction with life in men (left) and women (right) with different LGNSRO; *—*** — $p \leq 0.05$

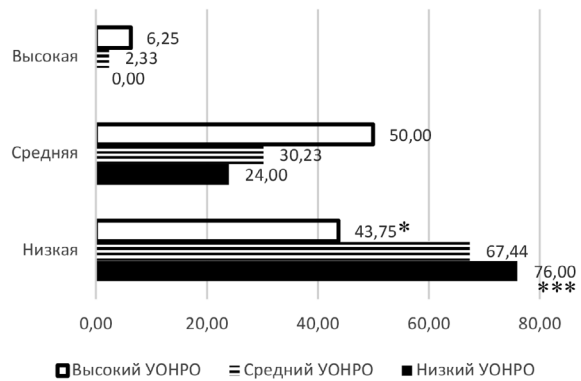
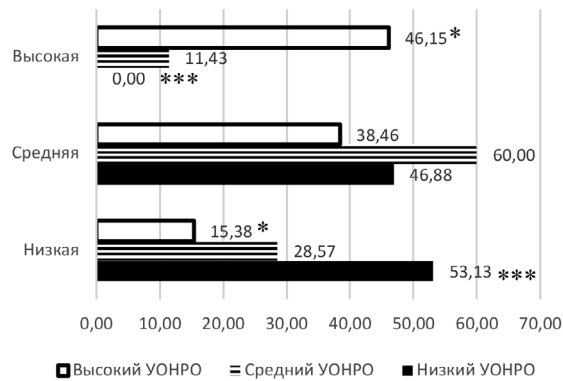


Рис. 13. Степень проявления депрессивности у мужчин (слева) и женщин (справа) с различным УОНРО;
*—*** — $p \leq 0,01$
Fig. 13. The degree of manifestation of depression in men (left) and women (right) with different LGNSRO;
*—*** — $p \leq 0.01$

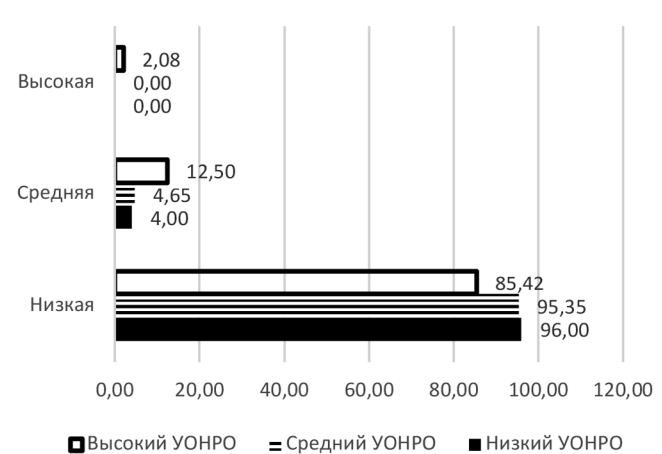
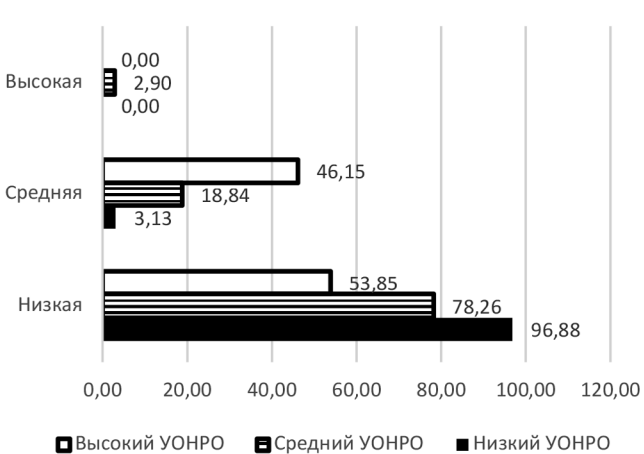


Рис. 14. Степень проявления суицидальных мыслей у мужчин (слева) и женщин (справа) с различным УОНРО
с различным УОНРО
Fig. 14. The degree of manifestation of suicidal thoughts in men (left) and women (right) with different LGNSRO

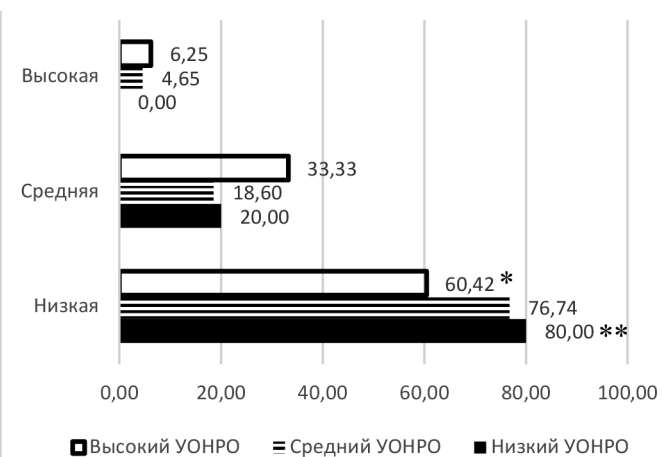
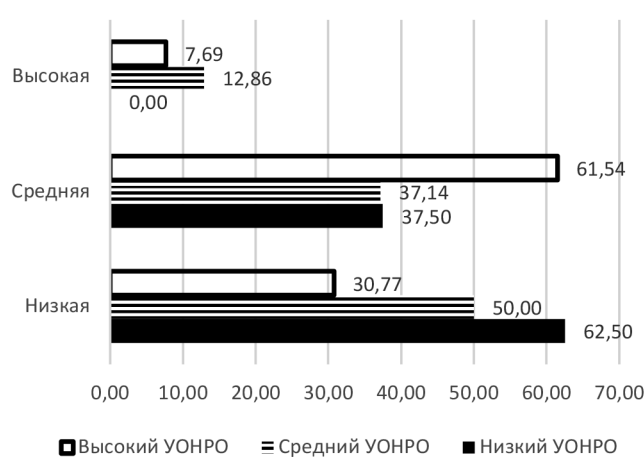


Рис. 15. Степень проявления аллергизации у мужчин (слева) и женщин (справа) с различным УОНРО;
*—** — $p \leq 0,05$
Fig. 15. The degree of manifestation of allergization in men (left) and women (right) with different LGNSRO;
*—** — $p \leq 0.05$

логический компонент реагирования организма на экзогенный стимул. Полученный результат свидетельствует о повышении стрессреактивности и, соответственно, склонности к дезадаптации по мере роста УОНРО. Это подтверждает единство физиологического проявления реактивности, определяемой по выраженности ноцицептивной чувствительности организма, и субъективных самоощущений человека в отношении различных ситуативных предъявлений экзогенных раздражителей, ретроспективно оцениваемых посредством опросного тестирования. Однотипная положительная связь УОНРО с анализируемыми психосоматическими и психологическими индикаторами риска дезадаптации определяет комплексный характер организации гомеостаза у человека в зависимости от его индивидуального психофизиологического статуса.

Последующее распределение испытуемых с различным УОНРО по группам высокой, средней и низкой степени проявления показателей риска развития функциональной и психической дезадаптации позволило конкретизировать значимость различий частоты встречаемости представителей каждого уровня реактивности во всех выделенных группах. В целом представленные данные свидетельствуют об относительно высоком уровне физического и психического здоровья испытуемых, что объясняется их социальным статусом, отсутствием хронических соматических и неврологических заболеваний (условие включения в выборочную совокупность).

По абсолютному большинству психосоматических показателей в группах с высокой степенью риска дезадаптации либо полностью отсутствуют как мужчины, так и женщины из числа испытуемых (боли в сердце), либо их количество ограничивается единичными случаями (головная боль, боли в желудке, животе, аллергияция, физическая утомляемость, бессонница). В отношении психологических показателей в основном наблюдается аналогичная ситуация в группах с высокой степенью риска дезадаптации, за исключением депрессивности у мужчин, где на долю лиц с высоким УОНРО приходится 46 % от общего числа мужчин с высоким УОНРО.

В группах с низкой степенью риска дезадаптации максимальная концентрация выраженности данного признака проявляется у мужчин и женщин с низким УОНРО, дости-

гая статистически значимого уровня различий относительно представителей высокого УОНРО. Причем у мужчин данное различие более всего выражено по всему спектру психосоматических показателей, а у женщин – по показателям психологического риска дезадаптации и отдельных показателей психосоматической напряженности (головная боль, боль в желудке, физическая утомляемость).

Группы мужчин и женщин со средней степенью риска дезадаптации по большинству анализируемых показателей демонстрируют промежуточную выраженность частоты встречаемости представителей каждого уровня реактивности относительно групп мужчин и женщин со средней и низкой степенью склонности к дезадаптации.

В отношении стрессреактивности как показателя функционального риска дезадаптации определены иные закономерности распределения испытуемых с различным УОНРО по группам высокой, средней и низкой степени ее проявления. На долю низкой стрессреактивности приходится минимальная доля мужчин и женщин, задействованных в исследовании, без выраженных различий по УОНРО. Максимальное число мужчин и женщин с низким УОНРО концентрируется в группе со средней степенью стрессреактивности, а минимальное – в группе с высокой ее степенью. Данная ситуация, видимо, обусловлена в целом незначительным числом в среде студенческой молодежи индивидов с низкой степенью функциональной стрессреактивности, что не повлияло на статистическую значимость ее корреляционной связи с УОНРО. Принципиальным остается то, что в рамках выборки мужчин и женщин с низким УОНРО присутствует минимальная доля лиц с высокой степенью стрессреактивности.

Представленные данные подтверждают возможность использования УОНРО в качестве индикатора склонности человека к функциональной и психической дезадаптации.

Заключение. В результате выполненного исследования выявлены и охарактеризованы связи уровня общей неспецифической реактивности с основными показателями склонности человека к функциональной и психической дезадаптации. Применение опросной экспресс-методики определения УОНРО способно оптимизировать первичную оценку риска системной дезадаптации человека.

Сведения об авторах:

Мулик Александр Борисович – доктор биологических наук, профессор, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела медико-психологического сопровождения Научно-исследовательского центра, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0001-6472-839X; e-mail: mulik-ab@mail.ru

Улесикова Ирина Владимировна – кандидат биологических наук, научный сотрудник научно-исследовательского отдела обитаемости Научно-исследовательского центра, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0001-9284-3280; e-mail: ulesikovairina@mail.ru

Моисеев Даниил Вячеславович – младший научный сотрудник научно-исследовательского отдела медико-психологического сопровождения Научно-исследовательского центра, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0002-3509-898X; e-mail: da.vya.moiseev@mail.ru

Юсупов Владислав Викторович – доктор медицинских наук, профессор, начальник научно-исследовательского отдела медико-психологического сопровождения Научно-исследовательского центра, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0002-5236-8419; e-mail: vladysupov@yandex.ru

Дорофеев Иван Иванович – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела медико-психологического сопровождения Научно-исследовательского центра, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0009-0005-3195-3423; e-mail: dorofeev.ivan@mail.ru

Шатыр Юлия Александровна – кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела медико-биологических исследований Научно-исследовательского центра, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0001-9279-5282; e-mail: yuliashatyr@gmail.com

Information about the authors:

Alexandr B. Mulik – Dr. of Sci. (Biol.), Professor, Senior Researcher at the Research Department of Medical and Psychological Support of the Research Center, Military Medical Academy; 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0000-0001-6472-839X; e-mail: mulik-ab@mail.ru

Irina V. Ulesikova – Cand. of Sci. (Biol.), Researcher at the Department of Habitability of the Research Center, Military Medical Academy; 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0000-0001-9284-3280; e-mail: ulesikovairina@mail.ru

Daniil V. Moiseev – Junior Researcher at the Research Department of Medical and Psychological Support of the Research Center, Military Medical Academy; 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0000-0002-3509-898X; e-mail: da.vya.moiseev@mail.ru

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; 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0000-0002-5236-8419; e-mail: vladysupov@yandex.ru

Ivan I. Dorofeev – Cand. of Sci. (Med.), Senior Researcher at the Department of Habitability of the Research Center, Military Medical Academy; 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0009-0005-3195-3423; e-mail: dorofeev.ivan@mail.ru

Yulia A. Shatyr – Cand. of Sci. (Biol.), Associate Professor, Senior Researcher at the Research Department of Medical and Biological Research of the Research Center, Military Medical Academy; 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; ORCID: 0000-0001-9279-5282; e-mail: yuliashatyr@gmail.com

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. Концепцию и план исследования — А. Б. Мулик. Сбор данных — И. В. Улесикова, Ю. А. Шатыр, И. И. Дорофеев, В. В. Юсупов. Анализ данных и выводы — И. В. Улесикова, Д. В. Моисеев. Подготовка рукописи — А. Б. Мулик, Ю. А. Шатыр, Д. В. Моисеев.

Author contribution. All authors equally participated in the preparation of the article in accordance with the ICMJE criteria.

Special contribution: ABM contribution to the concept and plan of the study. IVU, YuASh, IID, VVYu contribution to data collection. IVU, DVM contribution to data analysis and conclusions. ABM, YuASh, DVM 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.

Источник финансирования. Статья выполнена в рамках реализации НИР по программе академического стратегического лидерства «Приоритет–2030».

Financing. The work was carried out within the framework of the implementation of research work under the academic strategic leadership program “Priority–2030”.

Поступила/Received: 09.01.2025

Принята к печати/Accepted: 15.03.2025

Опубликована/Published: 30.03.2025

ЛИТЕРАТУРА/REFERENTS

1. Бяловский Ю. Ю., Булатецкий С. В., Глушкова Е. П. Системная организация неспецифических механизмов адаптации в восстановительной медицине. *Воронеж: ООО «Издательство РИТМ»*. 2017. 406 с. [Byalovskiy Yu. Yu., Bulatetskiy S. V., Glushkova E. P. Systemic organization of non-specific adaptation mechanisms in restorative medicine. *Voronezh: ООО «Izdatel'stvo RITM»*, 2017, pp. 406 (In Russ.)].
2. Mulik A., Novochadov V., Bondarev A., et al. New insights into genotype-phenotype correlation in individuals with different level of general non-specific reactivity of an organism. *Journal of Integrative Bioinformatics*, 2016, Vol. 13(4), pp. 295. doi:10.2390/biecoll-jib-2016-295.
3. Ksajikyan N., Aghababayan H., Sargsyan M. Assessment of reactivity to the body under conditions of physical activity in students aged 17–20 years. *Georgian Med News*, 2024, Vol. 347, № 2, pp. 54–58.
4. Kagan J. Perspectives on two temperamental biases. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 2018, Vol. 373(1744), pp. 20170158. doi: 10.1098/rstb.2017.0158.
5. Шатыр Ю. А., Булатецкий С. В., Улесикова И. В. и др. Типологизация системной адаптации организма человека // *Российский медико-биологический вестник им. Академика И.П. Павлова*. 2017. Т. 25, № 3. С. 362–372 [Shatyr Yu. A., Bulatetskiy S. V., Ulesikova I. V., et al. Typologization of the systemic adaptation of the human body. *I.P. Pavlov Russian medical biological herald*, 2017, Vol. 25, № 3, pp. 362–372 (In Russ.)]. doi:10.23888/PAVLOVJ20173362-372.
6. Skoluda N., Strahler J., Schlotz W., et al. Intra-individual psychological and physiological responses to acute laboratory stressors of different intensity. *Psychoneuroendocrinology*, 2015, Vol. 51, pp. 227–236. doi: 10.1016/j.psychneuen.2014.10.002.
7. Гурвич И. Н. Тест нервно-психической адаптации // *Вестник гипнологии и психотерапии*. 1992. № 3. С. 46–53 [Gurvich I. N. The neuropsychic adaptation test. *Bulletin of Hypnology and Psychotherapy*, 1992, № 3, pp. 46–53 (In Russ.)].
8. Солдаткин В. А., Ковалев А. И., Крюкова М. Н. и др. Клиническая психометрика. *Ростов-на-Дону: Издательство РостГМУ*. 2020. 352 с. [Soldatkin V. A., Kovalev A. I., Kryukova M. N., et al. Clinical Psychometrics. *Rostov-na-Donu: Izdatel'stvo RostGMU*, 2020, pp. 352 (In Russ.)].
9. Чеботарева Н. В., Левченко З. А., Сыртцев А. В. и др. Математическая модель прогноза дезадаптации военнослужащих Военно-Морского Флота по результатам психологического тестирования // *Морская медицина*. 2022. Т. 8, № 3. С. 22–29. [Chebotareva N. V., Levchenko Z. A., Syrtsev A. V., et al. Mathematical model for forecasting the desadaptation of military personnel of the Navy according to the results of psychological testing. *Marine medicine*, 2022, Vol. 8, № 3, pp. 22–29 (In Russ.)]. doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-3-22-29>.
10. Постнова М. В., Шатыр Ю. А., Улесикова И. В., Мулик А. Б. Прогнозирование индивидуального риска дезадаптации организма студента в условиях учебных занятий по физической культуре // *Теория и практика физической культуры*. 2019. № 3. С. 63–65 [Postnova M. V., Shatyr Yu. A., Ulesikova I. V., Mulik A. B. Individualized de-adaptation risk forecasts in academic physical education process. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2019, № 3, pp. 63–65 (In Russ.)].

ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛИКВИДАЦИИ ПАНДЕМИИ ОСТРОЙ ВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ РАЗВЕРТЫВАНИЕМ АМБУЛАТОРНО-ПОЛИКЛИНИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ: РЕТРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

¹Н. Ф. Гезей, ^{1,2}Ю. Н. Закревский*, ¹Л. А. Мишанина, ¹О. Г. Кривенко, ²Е. В. Антоненкова

¹Мурманский арктический университет, Мурманск, Россия

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

ЦЕЛЬ. Определить эффективное организационно-методическое решение для оптимизации оказания медицинской помощи большому числу населения крупного областного города и региона в целом в период пандемии острого вирусного (инфекционного) заболевания путем создания амбулаторно-поликлинического центра.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Материалом исследования послужили 27 990 случаев оказания амбулаторно-поликлинической помощи в период пандемии острой коронавирусной инфекции населению в государственном бюджетном учреждении здравоохранения «Мурманская городская поликлиника № 1» за период с января 2021 г. по март 2022 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ. В развернутом впервые в Российской Федерации амбулаторно-поликлиническом центре для борьбы с пандемией новой коронавирусной инфекции была создана комплексная координация данных амбулаторного приема для использования поликлинических мощностей, аудио-дистанционных методов, современных компьютерных технологий, системы телемедицинских консультаций, работы мобильных медицинских бригад, маршрутизации, обследования и лечения значительного избыточного числа заболевших с определением четких критериев эвакуации и госпитализации, которые позволили справиться в пандемический период с большим потоком обращений всех категорий граждан.

ОБСУЖДЕНИЕ. Опыт впервые организованного и развернутого нового временного формирования государственного учреждения здравоохранения – амбулаторно-поликлинического центра – в острый пандемический период позволит использовать его в случае других возможных чрезвычайных ситуаций биолого-социального характера на всех территориях и субъектах Российской Федерации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. В результате проведенной работы намечены основные направления для совершенствования методических и научных подходов к организации амбулаторно-поликлинического лечения значительного числа заболевших в острый пандемический период инфекционных и вирусных заболеваний на всей территории и во всех климатических зонах страны.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, вирусная инфекция, поликлинический комплекс, Арктическая зона

*Для корреспонденции: Закревский Юрий Николаевич, e-mail: zakrev.sever@bk.ru

*For correspondence: Yuriy N. Zakrevsky, e-mail: zakrev.sever@bk.ru

Для цитирования: Гезей Н. Ф., Закревский Ю. Н., Мишанина Л. А., Кривенко О. Г., Антоненкова Е. В. Организационно-методическое обеспечение ликвидации пандемии острой вирусной инфекции разворачиванием амбулаторно-поликлинических центров: ретроспективное исследование // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 1. С. 139-146, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-139-146>; EDN: <https://elibrary.ru/ZKIHRJ>

For citation: Gezey N. F., Zakrevsky Yu. N., Mishanina L. A., Krivenko O. G., Antonenkova E. V. Organizational and methodological support of acute viral infection pandemic elimination by deployment of outpatient and polyclinic centers: retrospective study // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, № 1. P. 139-146, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-139-146>; EDN: <https://elibrary.ru/ZKIHRJ>

ORGANIZATIONAL AND METHODOLOGICAL SUPPORT OF ACUTE VIRAL INFECTION PANDEMIC ELIMINATION BY DEPLOYMENT OF OUTPATIENT AND POLYCLINIC CENTERS: RETROSPECTIVE STUDY

¹Natalia F Gezey, ^{1,2}Yuriy N. Zakrevsky*, ¹Lyudmila A. Mishanina,

¹Olga G. Krivenko, ²Elena V. Antonenkova

¹Murmansk Arctic University, Murmansk, Russia

²Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

OBJECTIVE. To determine an effective organizational and methodological solution to optimize the provision of medical care to a large number of population of a large regional city and the region as a whole during a pandemic of acute viral (infectious) disease by creating an outpatient and polyclinic center.

MATERIALS AND METHODS. The material of the study was 27990 cases of outpatient and polyclinic care during the pandemic of acute coronavirus infection to the population in the State budgetary health care institution "Murmansk city polyclinic №1" for the period of January 2021 to March 2022.

RESULTS. The Outpatient and Polyclinic Center deployed for the first time in the Russian Federation to fight the pandemic of acute coronavirus infection created an integrated coordination of outpatient admission data, the use of polyclinic facilities, audio-distance methods, modern computer technologies, a system of telemedicine consultations, the work of mobile medical teams, routing, examination and treatment of a significant excess number of patients during the pandemic period with the definition of clear criteria for evacuation and treatment.

DISCUSSION. The experience of the first organized and deployed new temporary formation of the state health care institution - Outpatient and Polyclinic Center in the acute pandemic period will allow to use it in case of other possible emergencies of biological and social nature in all territories and subjects of the Russian Federation.

CONCLUSION. As a result of the conducted work, the main directions are outlined for improving methodological and scientific approaches to the organization of outpatient and polyclinic treatment of a significant number of patients in the acute pandemic period of infectious and viral diseases on the whole territory and in all climatic zones of the country.

KEYWORDS: marine medicine, viral infection, polyclinic complex, arctic zone

Введение. В чрезвычайной пандемической ситуации система здравоохранения Российской Федерации в целом и здравоохранение Арктических регионов в частности смогли в кратчайшие сроки мобилизоваться и переориентироваться на борьбу с новой коронавирусной инфекцией. В январе 2020 г. Министерство здравоохранения Российской Федерации выпустило первую версию временных методических рекомендаций «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (2019-nCoV) Версия 1. 29.01.2020» [1, 2], которая объединила лучший опыт по профилактике, диагностике и лечению COVID-19.

В настоящее время накоплен большой опыт борьбы с острой вирусной инфекцией, сформирована постоянно обновляемая комплексная научно-практическая, методическая и правовая базы [3, 4]. Мероприятия по предупреждению завоза и снижению рисков распространения острой вирусной инфекции регулируются распоряжениями Правительства Российской

Федерации и постановлениями Главного государственного санитарного врача Российской Федерации. Мероприятия по недопущению распространения новой коронавирусной инфекции в медицинских учреждениях проводились в соответствии с приказом Минздрава России от 19.03.2020 г. № 198н «О временном порядке организации работы медицинских организаций в целях рисков распространения новой коронавирусной инфекции COVID-19» (в постоянно актуализируемых приказами Минздрава России редакциях). Многочисленные научные статьи, опубликованные в нашей стране и за рубежом, а также 12-я версия временных методических рекомендаций «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (2019-nCoV)» содержат детализированные и структурированные сведения для всех уровней оказания медицинской помощи больным амбулаторно-поликлинического, стационарного, реабилитационного и профилактического профиля [5–7]. Однако такой формат рекомендаций несколько ограничивал возможность их оперативного использования в амбулаторной практике и требовал от здравоохранения Мурманской области при-

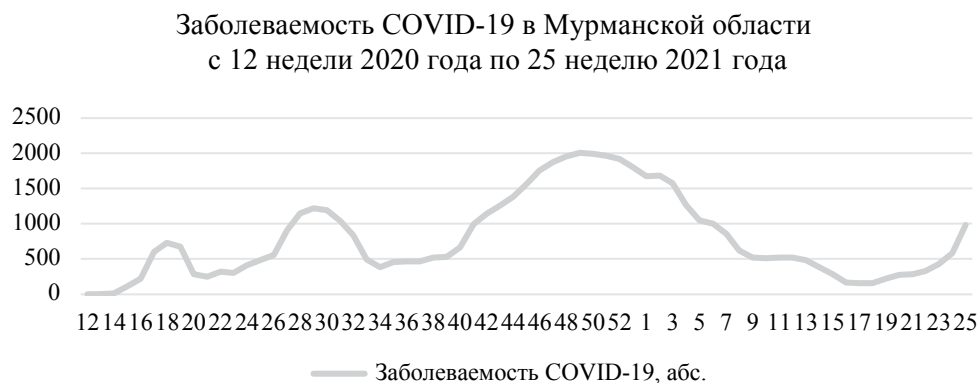


Рис. 1. Динамика заболеваемости COVID-19 в Мурманской области с 12-й недели 2020 г. по 25-ю неделю 2021 г., в абсолютных величинах

Fig. 1. Dynamics of COVID-19 incidence in the Murmansk region from the 12th week of 2020 to the 25th week of 2021, in absolute terms

нения организационно-методических действий по маршрутизации и оптимизации оказания амбулаторной медицинской помощи заболевшим в период пандемии новой коронавирусной инфекции¹.

Цель. Определить эффективное организационно-методическое решение для оптимизации оказания медицинской помощи большому числу населения крупного областного города и региона в целом в период пандемии острого вирусного (инфекционного) заболевания путем создания Амбулаторно-поликлинического центра.

Материалы и методы. Материалом для исследования послужили 27 990 случаев оказания амбулаторно-поликлинической помощи в период пандемии острой коронавирусной инфекции населению в государственном бюджетном учреждении здравоохранения «Мурманская городская поликлиника № 1» за период с января 2021 г. по март 2022 г. во вновь сформированном Амбулаторно-поликлиническом центре контингентам, проживающим и работающим в Мурманске и отдаленных районах Арктической зоны на Кольском полуострове и в островной зоне.

Результаты. Впервые авторами проанализированы возможности амбулаторно-поликлинического звена крупного областного центра, расположенного в Арктической зоне Российской Федерации, по оказанию первичной медико-санитарной помощи насе-

лению в период пандемии острой вирусной инфекции, структуры заболевших пациентов по возрастным, профессиональным категориям, срокам обращения, выявления, диагностики и степени тяжести заболевания, обоснованности структурно-функциональной модели оказания медицинской помощи заболевшим с применением разработанного критерия госпитализации в стационарные условия, лечения в Амбулаторном центре диагностики, а также на дому под динамическим наблюдением выездной патронажной бригады неотложной медицинской помощи пациентам с установленным диагнозом [3]. Впервые разработаны требования к оснащению амбулаторно-поликлинического центра и выездной патронажной бригады неотложной медицинской помощи пациентам с установленным диагнозом острой коронавирусной инфекции, критерии и алгоритм организации лечебно-эвакуационных мероприятий при эвакуации заболевших с тяжелой формой новой коронавирусной инфекции из удаленных районов Арктической зоны [4].

По состоянию на 1 июля 2021 г. на территории Мурманской области нарастающим итогом зарегистрировано 54 417 случаев COVID-19, показатель заболеваемости составляли 7666,7 наблюдений на 100 тыс. населения. Летальность на 1 июля 2021 г. – 2,43 % (1323 летальных исхода на 54 417 случаев заболевания). Показатель смертности составил 186,39 случаев на 100 тыс. населения (рис. 1).

В рассматриваемый период времени (с регистрации первого случая COVID-19 на 12-й

¹Приказ Министерства здравоохранения Мурманской области от 19.03.2020г. № 128 «О временном порядке маршрутизации пациентов по отдельным заболеваниям по профилю «инфекционные болезни»

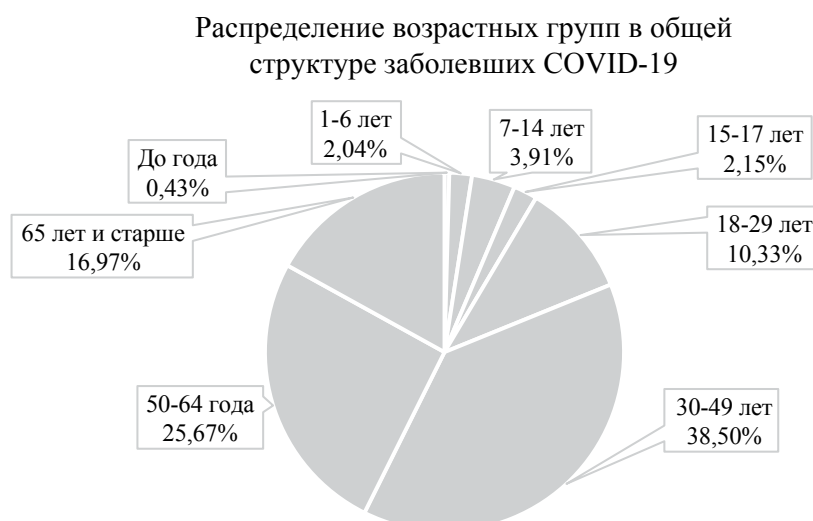


Рис. 2. Распределение инфицированных по возрастным группам в общей структуре заболевших на территории Мурманской области (%).

Fig. 2. Distribution of cases by age groups in the overall structure of cases in the Murmansk region (%).

неделе 2020 г.) на территории Мурманской области отмечалось три подъема заболеваемости. По возрастным группам заболеваемость распределилась следующим образом:

- основное число заболевших зарегистрировано среди трудоспособного населения в возрасте от 18 до 64 лет – 74,5 % (из них 10,33 % – лица в возрасте 18–29 лет, 38,50 % – в возрасте от 30 до 49 лет, 25,67 % – в возрасте от 50 до 64 лет), что обусловлено высокой социальной активностью указанных возрастных групп населения;

- 16,97 % заболевших приходится на лиц старше 65 лет, что также достаточно ожидаемо с учетом того, что данный контингент является группой риска в силу возраста и имеющихся хронических заболеваний;

- 8,53 % от заболевших составляют дети и подростки, заболеваемость среди указанных возрастных групп характеризуется как спорадическая, чаще всего заболевание протекает в легкой форме (рис. 2).

В структуре заболеваемости по тяжести течения преобладали легкие формы, они составляли 80,0 %. На бессимптомные приходится 10,15 % от всех зарегистрированных случаев, при этом 38,2 % от всех бессимптомных форм было зарегистрировано в крупном очаге COVID-19 в вахтовом поселке на строительной площадке Центра строительства крупнотоннажных морских сооружений (с. Белокаменка, Кольского р-на Мурманской обл.) в апреле-мае 2021 г. Доля клинических форм средней тяже-

сти составила 7,75 %, практически все случаи средней степени тяжести обусловлены развитием внебольничной пневмонии. Прогрессирующая пневмония также определила долю тяжелых форм инфекции – 2,1 % (рис. 3).

Доля внебольничных пневмоний в структуре основного вирусного эпидемического процесса на всем протяжении колебалась в пределах от 8,0 до 12,0 %, в целом за весь период доля внебольничных пневмоний в общей структуре заболеваемости составила 9,6 %. В структуре зарегистрированных случаев новой коронавирусной инфекции по месту инфицирования преобладают (58,88 %) граждане, эпидемиологический анамнез которых как по месту работы, месту жительства, так и по выезду за пределы региона и РФ не имел особенностей, однако при опросе было установлено регулярное использование общественного транспорта, частое посещение магазинов и торговых центров, объектов туристической инфраструктуры, при этом достаточно часто заболевшие не в полном объеме соблюдали меры предосторожности. Так, 16,9 % заболевших отмечали возможный контакт на работе, 13,31 % – контакт с заболевшими в семье (достаточно низкий процент инфицирования в семье объяснялся активной работой лечебной службы по госпитализации больных из очага инфекции в целях недопущения дальнейшего инфицирования совместно проживающих лиц); 0,91 % – граждане, указывающие на заражение в ходе поездок по РФ либо за рубеж.



Рис. 3. Распределение по степени тяжести клинических форм заболевания в общей структуре заболевших на территории Мурманской области (%).

Fig. 3. Distribution of clinical forms by severity of the disease in the overall structure of cases in the Murmansk region (%).

В 10,0 % – источник инфицирования не установлен, эпидемиологический анамнез без каких-либо особенностей.

Смертность от новой коронавирусной инфекции в 2021 г. заняла 2-е место после болезней системы кровообращения и составила 327,9 случая на 100 тыс. населения (в 2020 г. – на 4-м месте с показателем 107,9 случая на 100 тыс. населения), опередив смертность от новообразований (180,8 случая на 100 тыс. населения) и внешних причин (94,6 случая на 100 тыс. населения). В структуре общей смертности населения Мурманской области смертность от COVID-19 составила 20,7 %. Обеспеченность населения Мурманской области врачами-инфекционистами в период пандемии составляла 0,56 на 10 тыс. населения (2020 г. – 0,49), что находится на уровне показателя по СЗФО (2021 г. – 0,56), но выше показателя по Российской Федерации (2021 г. – 0,49). В том числе обеспеченность врачами-инфекционистами в поликлинике была 0,12 на 10 тыс. населения, в стационаре – 0,44 на 10 тыс. населения. По Мурманской области – 1 врач-инфекционист на 83 тыс. населения по оказанию медицинской помощи в амбулаторных условиях.

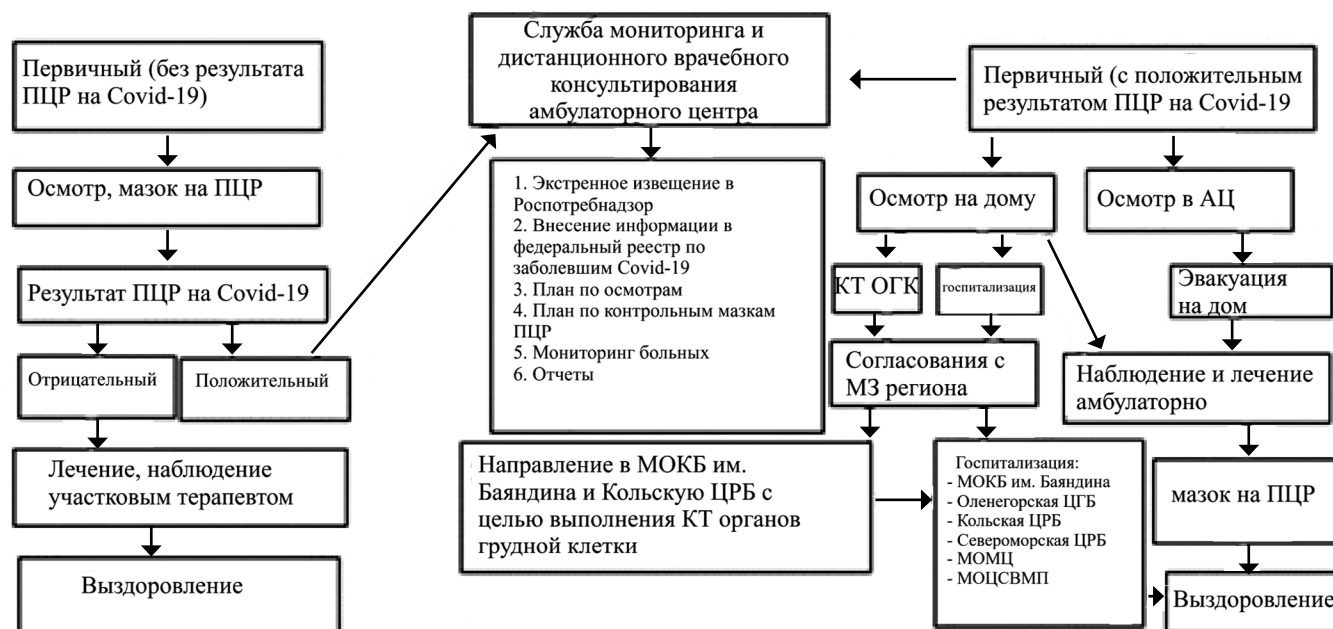
Укомплектованность врачебных должностей эпидемиологов составляла – 65,4 %, в том числе в поликлинике – 76,9 %, в стационаре – 60,5 %. Коэффициент совместительства врачей-инфекционистов определяли на уровне 2,48 (2020 г. – 1,28). В том числе в поликлинике – 1,44 (2020 г. – 1,10), стационаре – 2,75 (2020 г. – 4,19). Рост

коэффициента совместительства в поликлинике и высокий коэффициент совместительства в стационаре свидетельствуют как о недостаточной обеспеченности медицинским персоналом, так и о высокой интенсивности их труда.

Обсуждение. В Мурманске, как на территории Арктической зоны Российской Федерации, впервые в стране было принято организационное решение и в период пандемии создан Амбулаторный центр диагностики и лечения новой коронавирусной инфекции (далее – Центр). Центр был сформирован на функциональной основе с целью диагностики и выбора тактики лечения пациентов с лабораторно и/или клинически подтвержденным диагнозом новой коронавирусной инфекции. Центр в своей деятельности руководствуется законодательством Российской Федерации и Мурманской области, регламентирующими документами Министерства здравоохранения Российской Федерации, Министерства здравоохранения Мурманской области, локальными актами медицинской организации и настоящим Положением. Структура и штатная численность Центра устанавливались руководителем медицинской организации по согласованию с Министерством здравоохранения Мурманской области.

Центр был размещен в отдельно расположенном здании (помещениях) медицинской организации ГОБУЗ «Мурманская городская поликлиника № 1», позволяющем исключить пересечение потоков пациентов с подтвержденным диагнозом новой коронавирусной ин-

Маршрутизация и алгоритм действия медицинского персонала амбулаторного центра при работе с заболевшими с Covid-19



фекции. В Центре организована работа путем маршрутизации и определенным алгоритмом действий (рис. 4).

В Центре были развернуты следующие зоны: 1) приема и распределения поступивших пациентов; 2) для пациентов, ожидающих диагностические мероприятия в Центре (зона ожидания); 3) диагностическая; 4) ожидания – для пациентов с показаниями к проведению компьютерной томографии и госпитализации по итогам обследования в Центре. В Центре обеспечивалось обязательное разделение на чистую и грязную зоны. *Чистая зона*: отдельный вход для персонала, гардеробы, комнаты приема пищи, помещения для надевания средств индивидуальной защиты (очки, одноразовые перчатки, респиратор соответствующего класса защиты, противочумный костюм 1-го типа или одноразовый халат, бахилы). При отсутствии отдельного входа для чистой зоны этаж разделен на чистую и грязную зоны с организацией отдельных входов. Не допускалось совместное хранение верхней одежды и обуви персонала с санитарной одеждой, использование сменной обуви из тканевых материалов.

Грязная зона: для поступления пациентов, диагностики, ожидания пациентов с показаниями к проведению компьютерной томографии и госпитализации по итогам обследования

в Центре. На границе между чистой и грязной зонами организован фильтр для надевания и снятия средств индивидуальной защиты. Маршрутизацию пациентов в Центре проводили в сопровождении персонала в средствах индивидуальной защиты. По окончании рабочей смены персонал Центра проходил санитарную обработку. Порядок организации работы, в том числе правила отбора, поступления пациентов, объем консультативных и диагностических мероприятий, осуществляемых в Центре, утверждался приказом Министерства здравоохранения Мурманской области. Опыт впервые созданного и развернутого нового временного формирования государственного учреждения здравоохранения – Амбулаторно-поликлинического центра – в острый пандемический период позволит использовать его в случае других возможных чрезвычайных ситуаций биолого-социального характера на всех территориях и в субъектах Российской Федерации.

Заключение. Создание временного развернутого Амбулаторного центра диагностики и лечения больных с коронавирусной инфекцией на базе государственного областного бюджетного учреждения здравоохранения «Мурманская городская поликлиника № 1» позволило разгрузить станцию скорой медицин-

ской помощи и лечебные учреждения области в пиковые периоды пандемии и организовать полный охват первичной медико-санитарной помощью население крупного областного центра. Разработанная оптимальная маршрутизация пациентов с разделением различных потоков заболевших обусловила их эффективную медицинскую сортировку на догоспитальном этапе, лечение в амбулаторных условиях заболевших с легкой и средней степенью тяжести заболевания со своевременной диагностикой тяжелых форм острой вирусной инфекции и последующей госпитализацией и исключением случаев смертности на дому. Созданные и утвержденные Министер-

ством здравоохранения Мурманской области «Методические рекомендации по алгоритмам маршрутизации и лечебно-эвакуационных мероприятий в условиях амбулаторно-поликлинической медицинской помощи в чрезвычайных условиях пандемии коронавирусной инфекции позволили максимально организационно сформировать и оптимизировать комплекс мероприятий в случае возникновения эпидемии острой респираторно-вирусной инфекции на островных и континентальных территориях Арктической зоны и в других регионах Российской Федерации при возникновении других чрезвычайных пандемических ситуаций биологического характера.

Сведения об авторах:

Гизей Наталья Федоровна – заместитель начальника структурных подразделений амбулаторно-поликлинического профиля, Мурманский многопрофильный центр им. Н. И. Пирогова; 183031, г. Мурманск, ул. Павлика Морозова, д. 6; преподаватель кафедры клинической медицины, Мурманский арктический университет; 183010, г. Мурманск, ул. Спортивная, д. 13; SPIN: 7457-9078; Autor ID: 158529; e-mail: Natalia-gezey@yandex.ru

Закревский Юрий Николаевич – доктор медицинских наук, заведующий кафедрой нормальной физиологии, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; профессор кафедры клинической медицины, Мурманский арктический университет; 183010, г. Мурманск, ул. Спортивная, д. 13; SPIN: 6283-8010; ORCID: 0000-0003-4195-373x; e-mail: Zakrev.sever@bk.ru

Мишанина Людмила Александровна – кандидат биологических наук, доцент, директор Медико-биологического института Мурманского арктического университета; 183010, г. Мурманск, ул. Спортивная, д. 13; SPIN: 4125-6613; ORCID: 0000-0001-7672-6439; e-mail: ludapoh@yandex.ru

Кривенко Ольга Григорьевна – кандидат медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой клинической медицины Медико-биологического института Мурманского арктического университета; 183010, г. Мурманск, ул. Спортивная, д. 13; SPIN: 7457-9078; ORCID: 0009-0003-7819-9852; e-mail: krivenkoog@mts.ru

Антоненкова Елена Викторовна – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры нормальной физиологии, Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; SPIN: 2166-2495; e-mail: evavma@yandex.ru

Information about the authors:

Natalia F. Gizey – Deputy Head of the Structural Divisions of the Outpatient Clinic, Pirogov Moscow Medical Center; 183031, Murmansk, Pavlik Morozov str., 6; Lecturer at the Department of Clinical Medicine, Murmansk Arctic University; Russia, 183010, Murmansk, Sportivnaya Str., 13; SPIN: 7457-9078; Autor ID: 158529; e-mail: Natalia-gezey@yandex.ru

Yuriy N. Zakrevsky – Dr. of Sci. (Med.), Head of the Department of Normal Physiology, Military Medical Academy; 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; Professor of the Department of Clinical Medicine, Murmansk Arctic University; 183010, Murmansk, Sportivnaya Str., 13; SPIN: 6283-8010; ORCID: 0000-0003-4195-373x; e-mail: Zakrev.sever@bk.ru

Lyudmila A. Mishanina – Cand. of Sci. (Biol.), Associate Professor, Director of the Medical and Biological Institute of Murmansk Arctic University; 183010, Murmansk, Sportivnaya Str., 13; SPIN: 4125-6613; ORCID: 0000-00; e-mail: Ludapoh@yandex.ru

Olga G. Krivenko – Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor, Head of the Department of Clinical Medicine, Institute of Medicine and Biology, Murmansk Arctic University; 183010, Murmansk, Sportivnaya Str., 13; SPIN: 7457-9078; ORCID: 0009-0003-7819-9852; e-mail: krivenkoog@mts.ru

Elena V. Antonenkova – Cand. of Sci. (Biol.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Normal Physiology, Military Medical Academy; 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev Str., 6; SPIN: 2166-2495; e-mail: evavma@yandex.ru

Сведения об авторах: 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 – Ю. Н. Закревский, Н. Ф. Гизей, Л. А. Мишанина; статистическая обработка полученного материала – Н. Ф. Гизей, Л. А. Мишанина, О. Г. Кривенко; подготовка рукописи – Ю. Н. Закревский, Е. В. Антоненкова, Н. Ф. Гизей.

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: YuNZ, NFG, LAM contribution to the concept and plan of the study. NFG, LAM, OGK contribution to data collection. YuNZ, EVA, NFG 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.

Исследование выполнено в рамках инициативной НИОКР «Инфекционные болезни и их лабораторная диагностика» №ГР 12501100112-1.

The study was carried out within the framework of the initiative R&D “Infectious diseases and their laboratory diagnostics” No.GR 12501100112-1.

Финансирование: исследование проведено без дополнительного финансирования.

Funding: the study was carried out without additional funding.

Поступила/Received: 10.01.2025

Принята к печати/Accepted: 15.03.2025

Опубликована/Published: 30.03.2025

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Белоцерковская Ю. Г., Романовских Л. Г., Смирнов И. Л. COVID-19: респираторная инфекция, вызванная новым коронавирусом, новые данные об этиологии, клиническом течении, ведении пациентов. *Consilium medicum*. 2020. 23(3). 12–20 [Belotserkovskaya Yu. G., Romanovskikh L. G., Smirnov I. L. COVID-19: respiratory infection caused by the new coronavirus, new data on etiology, clinical course, and patient management. *Consilium medicum*, 2020, 23(3), 12–20 (In Russ.)].
2. Быков В. М. О некоторых проблемах организации труда в Арктической зоне Российской Федерации. *Вестник Коми Республиканской Академии государственной службы и управления. Теория и практика*. 2020. 24(29). 10–15 [Bykov V. M. About some problems of labor organization in the Arctic zone of the Russian Federation. *Bulletin of the Komi Republican Academy of Public Administration and Management. Theory and practice*, 2020, 24(29), 10–15 (In Russ.)].
3. Прокопьева М. И. Особенности организации скорой медицинской помощи в условиях Крайнего Севера. *Проблемы науки*. 2019. 2(38). 70–76 [Prokopyeva M. I. Features of the organization of emergency medical care in the Far North. *Problems of science*, 2019, 2(38), 70–76 (In Russ.)].
4. Рузанова П. Д., Мажинский С. В. Проблема здравоохранения в Арктической зоне России. *The Newman in Foreign Policy*. 2021. 5(62). 41–44 [Ruzanova P. D., Mazhinskiy S. V. The problem of healthcare in the Arctic zone of Russia. *The Newman in Foreign Policy*, 2021, 5(62), 41–44 (In Russ.)].
5. Старшинов А. А., Кушнарева Е. А., Малкова А. М., Довгалюк И. Ф., Кудулай Д. А. Новая коронавирусная инфекция-особенности клинического течения, возможности диагностики, лечения и профилактики инфекции у взрослых и детей. *Вопросы современной педиатрии*. 2020. Т. 19, № 2. С. 123–131 [Starshinov A. A., Kushnareva E. A., Malkova A. M., Dovgalyuk I. F., Kudulai D. A. New coronavirus infection-features of the clinical course, possibilities of diagnosis, treatment and prevention of infection in adults and children. *Current Pediatrics*, 2020, Vol. 19, No. 2, pp 123–131 (In Russ.)].
6. Saghazadeh A., Rezaei N. Immune-epidemiological parameters of the novel coronavirus – a perspective. *Expert Rev. Clin. Immunol*, 2020, No. 6, pp. 1–6.
7. Wang D., Hu B., Hu C., et al. Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 novel coronavirus-infected pneumonia in Wuhan, China. *JAMA*, 2020, Vol. 323, pp. 1061.

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ МЕДИЦИНА – ОСНОВНОЙ ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ЗДОРОВЬЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

М. Ю. Суханова*

Акционерное общество «Средне-Невский судостроительный завод», Санкт-Петербург, Россия

ЦЕЛЬ. Изучить организацию производственной медицины в акционерном обществе «Средне-Невский судостроительный завод» (АО СНСЗ).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Изучены руководящие документы по вопросу производственной медицины. Рассмотрена структура производственной медицины в акционерном обществе «Средне-Невский судостроительный завод». Показаны результаты мониторинга состояния здоровья на предприятии, в котором приняли участие 270 сотрудников (мужчины и женщины), группу сравнения составили 78 жителей Санкт-Петербурга. Проведено исследование элементного статуса. Обследование включало общий медицинский опрос и исследование образцов волос на содержание макро- и микроэлементов.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Перед устройством на работу сотрудники, занятые на работах с вредными производственными факторами, выявленными по результатам специальной оценки условий труда, были обязаны пройти предварительный медицинский осмотр. В дальнейшем работники ежегодно проходили периодические медицинские осмотры, а каждые 5 лет – осмотр в центре профпатологии. В АО СНСЗ организована работа медицинского пункта, в котором ведут прием пациентов медицинские работники – врач-терапевт и фельдшер. Работники, практически без отрыва от производственного процесса, получают необходимую медицинскую помощь. Особое внимание уделяется работникам с хроническими заболеваниями. По результатам анализа элементного статуса работников по ряду химических элементов выявлены отклонения, выходящие за пределы нормального диапазона и, соответственно, повышающие вероятность развития нарушений в состоянии здоровья и риск развития элементозависимых заболеваний. В первую очередь это касается дефицита макроэлементов. У работников был весьма распространен дефицит калия, кальция, магния, натрия, йода. В отношении токсичных химических элементов отклонений от нормы не отмечено.

ОБСУЖДЕНИЕ. На основании полученных данных был сделан вывод, что условия труда сотрудников АО СНСЗ, работающих во вредных условиях труда, в умеренной степени нарушают обмен макро- и микроэлементов. Оптимизация поступления дефицитных элементов, устранение дисбалансов может явиться действенной мерой по повышению производительности труда и снижению общей заболеваемости работников АО СНСЗ. На основании полученных результатов обследования и врачебных заключений в АО СНСЗ была проведена оценка микронутриентной обеспеченности организованного питания работников, а также коррекция нарушения обмена макро- и микроэлементов с использованием специализированных продуктов функционального питания. В рацион лечебно-профилактического питания был введен фруктово-злаковый специализированный батончик детоксикационного действия, в котором были учтены потребности сотрудников АО СНСЗ в снижении риска профессиональных и общих заболеваний, а также для восполнения недостаточного потребления витаминов и минеральных веществ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Применение достижений производственной медицины на Средне-Невском судостроительном заводе позволяет эффективно проводить профилактику заболеваний у сотрудников, работающих с вредными факторами труда.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, производственная медицина, охрана здоровья, элементный статус, микроэлементы, макроэлементы, питание, работоспособность, заболеваемость

* Для корреспонденции: Суханова Марина Юрьевна, e-mail: suhanovamy@snsz.ru

* For correspondence: Marina Yu. Sukhanova, e-mail: suhanovamy@snsz.ru

Для цитирования: Суханова М. Ю. Производственная медицина – основной элемент системы охраны здоровья на производстве // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 5. С. 147–152, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-147-152>; EDN: <https://elibrary.ru/VOVDYR>

For citation: на англ Sukhanova M. Yu. Occupational medicine - main element of occupational health care system // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, № 1. P. 147–152, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-1-147-152>; EDN: <https://elibrary.ru/VOVDYR>

© 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>

OCCUPATIONAL MEDICINE – MAIN ELEMENT OF OCCUPATIONAL HEALTH CARE SYSTEM

*Marina Yu. Sukhanova **

Joint Stock Company «Sredne-Nevisky Shipyard», St. Petersburg, Russia

OBJECTIVE. To study the organization of occupational medicine in Joint Stock Company “Sredne-Nevisky Shipyard” (JSC SNS).

MATERIALS AND METHODS. Guiding documents on the issue of occupational medicine are studied. The structure of occupational medicine in the joint-stock company “Sredne-Nevisky Shipyard” is considered. The results of health monitoring at the enterprise, in which 270 employees (men and women) took part, were presented, the comparison group included 78 residents of St. Petersburg. The study of elemental status was carried out. The examination included general medical questioning and examination of hair samples for the content of macro- and microelements.

RESULTS. Prior to employment, employees engaged in work with harmful production factors revealed by a special assessment of working conditions were obliged to undergo a preliminary medical examination. Subsequently, employees underwent annual periodic medical examinations, and every 5 years - an examination at the occupational pathology center. JSC SNS has organized a medical station where medical workers - a general practitioner and a paramedic - receive patients. Employees receive the necessary medical care virtually without interrupting the production process. Special attention is paid to employees with chronic diseases. Based on the analysis results of the employees' elemental status, a number of chemical elements were found to have deviations beyond the normal range and, accordingly, increasing the probability of health disorders and the risk of developing element-dependent diseases. First of all, it concerns the deficiency of macronutrients. Deficiency of potassium, calcium, magnesium, sodium, iodine was very common in workers. No deviations from the norm were noted with regard to toxic chemical elements.

DISCUSSION. Based on the obtained data, it was concluded that the working conditions of JSC SNS employees working in harmful labor conditions moderately disturb the metabolism of macro- and microelements. Optimizing the intake of deficient elements and eliminating imbalances can be an effective measure to increase labor productivity and reduce the general morbidity of JSC SNS employees. Based on the results of the examination and doctor's conclusions, we evaluated the micronutrient content of the organized nutrition of employees at JSC SNS and corrected macro- and micronutrient metabolism disorders using specialized products of functional nutrition. A fruit and cereal specialized detoxification bar was introduced into the therapeutic and preventive diet, which took into account the needs of JSC SNS employees to reduce the risk of occupational and general diseases, as well as to compensate for insufficient intake of vitamins and minerals.

CONCLUSION. Application of industrial medicine achievements at the Sredne-Nevisky Shipyard allows effective disease prevention for employees working with harmful labor factors.

KEYWORDS: marine medicine, occupational medicine, health protection, elemental status, trace elements, macronutrients, nutrition, performance, morbidity

Введение. Организации отечественного кораблестроения и судостроения являются составной частью морского потенциала Российской Федерации. Соответственно, система медицинского обеспечения судостроительных заводов – элемент морского медицинского потенциала государства, морского здравоохранения.

Производственная медицина занимается профилактикой и лечением заболеваний, которые могут возникнуть в результате профессиональной деятельности работников. Она также включает в себя меры по обеспечению их безопасности, контроль за уровнем шума, вибрации, радиации, химических веществ и других вредных факторов, программы по улучшению условий труда, обучения, которые помогают сотрудникам повысить свою квалификацию и улучшить производительность на рабочем месте [1].

Существенную роль в комплексе факторов, влияющих на здоровье в трудоспособном воз-

расте, играют профессиональные риски: от 20 до 40 % всех трудовпотерь обусловлены заболеваниями, которые прямо или косвенно связаны с вредными условиями труда [2].

Развитие многих профессиональных и производственно обусловленных заболеваний зависит от комплексного взаимодействия вредных факторов и качества трудовой жизни [3].

Производственно обусловленная заболеваемость — это общие заболевания различной этиологии, имеющие тенденцию к их повышению по мере увеличения стажа работы во вредных условиях труда и превышающие таковую в группах, не контактирующих с вредными факторами. Это – группа заболеваний многофакторной природы, в развитии, возникновении и течении которых выражен существенный вклад вредных производственных факторов.

Среди определенных профессиональных групп они выявляются с повышенной частотой,

а в условиях труда имеются факторы, механизм действия которых изучается с точки зрения развития той или иной патологии. Профессиографические данные подтверждают достаточно высокую степень интенсивности их воздействия, и все это дает основание для вывода о существовании их связи с профессией [4].

Производственно обусловленные заболевания, имеющие многофакторную этиологию, более распространены, чем профессиональные заболевания, и поэтому заслуживают самого пристального внимания врачей, в том числе и производственной медицины.

Цель. Изучить организацию производственной медицины в акционерном обществе «Средне-Невский судостроительный завод» (АО СНСЗ)¹.

Материалы и методы. Изучены руководящие документы по вопросу производственной медицины. Рассмотрена структура производственной медицины в акционерном обществе «Средне-Невский судостроительный завод». Показаны результаты мониторинга состояния здоровья на предприятии, в котором приняли участие 270 сотрудников (мужчины и женщины), группу сравнения составили 78 жителей Санкт-Петербурга. Проведено исследование элементного статуса. Обследование включало общий медицинский опрос и исследование образцов волос на содержание макро- и микроэлементов.

Результаты. По рекомендации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), к производственно обусловленным заболеваниям целесообразно отнести сердечно-сосудистые и психосоматические заболевания, заболевания дыхательной системы (бронхиальная астма) и опорно-двигательного аппарата и т. д.

¹Акционерное общество «Средне-Невский судостроительный завод» (входит в АО «Объединенная судостроительная корпорация») является единственным в стране предприятием, освоившим строительство кораблей и судов из 4 видов материалов: композитных материалов, судостроительной стали, алюминий-магниевого сплава и маломагнитной стали. Именно здесь впервые в России освоена современная технология изготовления корпусов из композитных материалов методом вакуумной инфузии. Предприятие основано в 1912 году. За годы существования заводом построено более 600 судов различного назначения для российских и зарубежных заказчиков, в т.ч. и на экспорт. Персонал завода насчитывает более 2000 человек. В портфель заказов предприятия входит как изготовление продукции для Министерства обороны РФ, так и продукции гражданского назначения.

Профессиональные заболевания — это болезни, в развитии которых прослеживается прямая причинно-следственная связь с воздействием вредных факторов рабочей среды и трудового процесса. Сроки развития заболевания (отравления) зависят от уровня и длительности воздействия вредных производственных факторов и работ. По срокам развития различают острые и хронические профессиональные заболевания.

Профессиональное заболевание — это хроническое или острое заболевание застрахованного, являющееся результатом воздействия на него вредного производственного фактора и повлекшее временную или стойкую утрату им профессиональной трудоспособности и (или) смерть.

Самой высокой ценностью всегда является человек, его жизнь и здоровье. Самый ценный ресурс для любой компании — это работник и его производительность.

Наблюдение за здоровьем потенциально-го работника АО СНСЗ начинается с момента приема его на работу. Перед устройством на предприятие работники, занятые трудом с вредными производственными факторами, выявленными по результатам специальной оценки условий труда, обязаны пройти предварительный медицинский осмотр.

Кроме того, в АО СНСЗ сотрудники, занятые на работах с вредными производственными факторами, ежегодно проходят периодические медицинские осмотры. Так же проведена экспертиза связи заболевания с профессией и профессиональной пригодностью работников, занятых на работах во вредных условиях труда при стаже работы 5 лет. Периодический медицинский осмотр проводится в центре профпатологии.

Целью предварительных и периодических медицинских осмотров является наблюдение в динамике за состоянием здоровья работников и своевременное установление начальных признаков профессиональных заболеваний, выявление общих заболеваний, являющихся противопоказаниями для продолжения работы во вредных условиях труда, а также предупреждение несчастных случаев на производстве.

В приказе Минздрава России от 28.01.2021 № 29н «Об утверждении порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников,

предусмотренных частью четвертой статьи 213 Трудового кодекса Российской Федерации, перечня медицинских противопоказаний к осуществлению работ с вредными и (или) опасными производственными факторами, а также работам, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры» указано, при наличии каких вредных факторов имеющиеся заболевания являются противопоказаниями для работы в конкретной должности или профессии. В случаях затруднения определения профессиональной пригодности работника из-за имеющихся у него заболеваний и с целью экспертизы профессиональной пригодности медицинская организация направляет его в центр профпатологии.

По итогам периодических медицинских осмотров работникам может быть выдано медицинское заключение о том, что есть признаки нарушения здоровья, связанные с возможностью развития профзаболевания, и это помогает на ранних стадиях выявлять данные болезни. Кроме того, сотрудники АО СНСЗ, которые заняты на работах с вредными производственными факторами, если такое лечение им рекомендовано врачом-профпатологом, ежегодно направляются за счет средств работодателя на санаторно-курортное лечение.

Сотрудники, занятые работами в составе сдаточных команд, проходят медицинскую комиссию согласно приказу Минздрава от 01.11.2022 г. N 714н «Об утверждении порядка проведения медицинского осмотра на наличие медицинских противопоказаний к работе на судне, включающего в себя химико-токсикологические исследования наличия в организме человека наркотических средств, психотропных веществ и их метаболитов и формы медицинского заключения об отсутствии медицинских противопоказаний к работе на судне».

Целью таких медицинских осмотров является установление наличия (отсутствия) медицинских противопоказаний к работе на судне, включенных в Перечень заболеваний, препятствующих работе на морских судах, судах внутреннего плавания, а также на судах смешанного (река–море) плавания.

В АО СНСЗ организована работа медицинского пункта, в котором ведут прием пациентов медицинские работники – врач-терапевт и фельдшер. Работники, практически не отрыва-

ваясь от производственного процесса, получают необходимую медицинскую помощь. Особое внимание уделяется работникам с хроническими заболеваниями.

Также в случае необходимости работникам АО СНСЗ оказывается неотложная и первая доврачебная помощь. Кроме этого, на базе медпункта осуществляются предрейсовые, послерейсовые и предсменные осмотры. С целью предупреждения заболеваний гриппом и ОРВИ ежегодно проводится добровольная вакцинация всех сотрудников.

Еще одним из направлений профилактики производственно обусловленных и профессиональных заболеваний является своевременная объективная оценка условий труда и трудового процесса, включающая в себя производственный контроль и процедуру специальной оценки условий труда. Производственный контроль – это комплекс санитарно-профилактических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности человека и среды обитания от вредного влияния объектов производственного контроля путем выполнения требований санитарных правил, технических регламентов, стандартов безопасности труда и осуществления контроля за их соблюдением.

Производственный контроль, организованный в АО СНСЗ, включает в себя проведение лабораторных исследований и испытаний на границе санитарно-защитной зоны, на территории АО СНСЗ и на рабочих местах для оценки влияния производства на среду обитания человека и его здоровье.

В АО СНСЗ в целях предупреждения производственно обусловленных и профессиональных заболеваний у работающих во вредных условиях труда было проведено исследование элементного статуса. Обследование включало общий медицинский опрос и исследование образцов волос на содержание макро- и микроэлементов. Использованы данные элементного анализа волос 270 сотрудников (мужчины и женщины) АО СНСЗ, а также 78 жителей Санкт-Петербурга в возрасте от 21 года до 67 лет, включенных в группу сравнения. По ряду химических элементов выявлены отклонения, выходящие за пределы нормального диапазона и, соответственно, повышающие вероятность возникновения нарушений в состоянии здоровья и риска развития элементозависимых заболеваний. В первую очередь это касается дефи-

цита макроэлементов. У работников был весьма распространен дефицит калия, кальция, магния, натрия, йода.

Следует отметить, что дефицит калия увеличивает риск сердечно-сосудистых заболеваний и нарушений артериального давления, способствует развитию эрозивных процессов слизистых оболочек. Дефицит кальция может приводить к снижению работоспособности, повышенной утомляемости, нарушениям иммунитета, развитию остеоартрозов, остеопороза, повышать риск переломов костей, отрицательно влиять на свертываемость крови. Дефицит магния также приводит к снижению работоспособности, повышенной утомляемости, нарушениям иммунитета. Дефицит натрия может вызвать расстройства пищеварения, слабость, склонность к мышечным спазмам.

Недостаток йода в организме способен приводить к развитию йододефицитных заболеваний и состояний, в число которых входят нарушения работы щитовидной железы, нервно-психические расстройства, вялость, сонливость, снижение интеллектуального уровня.

В отношении токсичных химических элементов у работников АО СНСЗ массовых отклонений от нормы в сторону избыточного уровня в целом не отмечено.

Обсуждение. На основании полученных данных был сделан вывод, что факторы труда сотрудников АО СНСЗ, работающих во вредных условиях, в умеренной степени нарушают обмен макро- и микроэлементов. Тем не менее возникающие элементозы (заболевания, связанные с дисбалансом элементов) могут оказывать существенное влияние на производительность

труда, заболеваемость и профессиональное долголетие.

В целом полученные данные позволяют предположить существенное влияние условий труда на функции щитовидной железы, кроветворения, частоту заболеваний нервной и мочевыделительной системы и опоротно-двигательного аппарата. Оптимизация поступления дефицитных элементов, устранение дисбалансов может явиться действенной мерой по повышению производительности труда и снижению общей заболеваемости работников АО СНСЗ.

На основании полученных результатов обследования и врачебных заключений, в АО СНСЗ была проведена оценка микронутриентной обеспеченности организованного питания работников, а также коррекция нарушения обмена макро- и микроэлементов с использованием специализированных продуктов функционального питания. В рацион лечебно-профилактического питания был введен специализированный фруктово-злаковый батончик детоксикационного действия, в котором учтены потребности сотрудников АО СНСЗ в снижении риска профессиональных и общих заболеваний, а также для восполнения недостаточного потребления витаминов и минеральных веществ.

Заключение. Вопросы обеспечения безопасности труда, сохранения жизни и здоровья работников, сокращения количества несчастных случаев на производстве и заболеваний работников являются главной задачей АО СНСЗ. Применение достижений производственной медицины на АО СНСЗ позволяет эффективно проводить профилактику заболеваний у сотрудников, работающих с вредными факторами труда.

Сведения об авторе:

Суханова Марина Юрьевна – начальник управления охраны труда и промышленной безопасности, акционерное общество «Средне-Невский судостроительный завод»; Россия, 196643, Санкт-Петербург, пос. Понтонный, Заводская ул., д.10; e-mail: suhanovamy@snsz.ru

Information about the authors:

Marina Yu. Sukhanova – Head of the Department of Labor Protection and Industrial Safety, Joint-Stock Company «Sredne-Nevsky Shipyard»; Russia, 196643, Saint Petersburg, Pontonny settlement, Zavodskaya Str., 10; e-mail: suhanovamy@snsz.ru

Вклад авторов. Автор подтверждает соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (автор самостоятельно осуществил разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочел и одобрил финальную версию перед публикацией).

Authors contribution. The author confirms the compliance of her authorship according to the international ICMJE criteria (the author independently developed the concept, conducted the research and prepared the article, read and approved the final version before publication).

Потенциальный конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией представленной статьи.

Potential competing of interest. The author declares that there are no apparent and potential conflicts of interest related to the publication of the submitted article.

Источники финансирования. Автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах и результатах.
Funding sources. The author has no financial interest in the submitted materials and results.

Поступила/Received: 04.02.2025

Принята к печати/Accepted: 15.03.2025

Опубликована/Published: 30.03.2025

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Иванова Я. В. Производственная медицина – основа трудового долголетия // *Металлург*. 2024. № 12. С. 4–6 [Ivanova Ya. V. Industrial medicine – the basis of working longevity. *Metallurgist*, 2024, No. 12, pp. 4–6 (In Russ.)].
2. Панова Т. В. Производственная медицина: состояние и проблемы развития // *Экономика и предпринимательство*. 2016. № 11–4 (76). С. 604–607 [Panova T. V. Industrial medicine: state and problems of development. *Economy and entrepreneurship*. 2016, No. 11–4 (76), pp. 604–607 (In Russ.)].
3. Атьков О. Ю. Актуальные аспекты производственной медицины // *Медицина труда и промышленная экология*. 2015. № 9. С. 26–27 [Atkov O. Yu. Actual aspects of industrial medicine. *Occupational medicine and industrial ecology*, 2015, No. 9, pp. 26–27 (In Russ.)].
4. Пузин С. Н., Храпылина Л. П., Милованова Н. А. Концептуальные подходы к развитию системы медико-социальной защиты здоровья промышленного комплекса // *Вестник Всероссийского общества специалистов по медико-социальной экспертизе, реабилитации и реабилитационной индустрии*. 2013. № 3. С. 6–12 [Puzin S. N., Khrapylina L. P., Milovanova N. A. Conceptual approaches to the development of the system of medical and social protection of health of the industrial complex. *Bulletin of the All-Russian Society of Specialists in Medical and Social Expertise, Rehabilitation and Rehabilitation Industry*, 2013, No. 3, pp. 6–12 (In Russ.)].



НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

Салангана-В

Налобная камера
с передатчиком
для хирургических
операций

Трансляция контента
не конфликтует с другими
системами связи

ТЕЛЕМЕДИЦИНА ПОСЛЕ ВНЕДРЕНИЯ САЛАНГАНА-В

- Не прилагаются дополнительные усилия для детализации оперируемой области
- Электромагнитная совместимость гарантирована
- Хирург не отвлекается от операции
- Остальные специалисты могут смотреть глазами хирурга в реальном времени

ТЕЛЕМЕДИЦИНА ДО ВНЕДРЕНИЯ САЛАНГАНА-В

- Возможен конфликт с другими системами связи и медицинским оборудованием
- Временные затраты на проверку электромагнитной совместимости
- Расфокусировка внимания при применении устройств

Новый уровень
отечественной
телемедицины!



Результаты
проведенных
работ
в следующем
номере!



16
каналов



Задержка
передачи
< 200 мс



HD



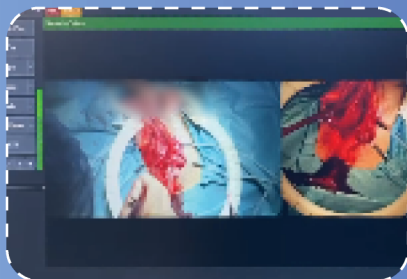
дальность
25 м



Адаптация
под любой
хирург. фонарь



масса
110 г



**ЧЕТКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ
С КАМЕРЫ, МАЛЫЙ ВЕС,
МИНИАТЮРНЫЙ РАЗМЕР**



НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ:

не влияет
на медицинское
оборудование

миниатюрный
размер камеры

применение
в морских
и полевых
условиях

3 часа работы
на одном заряде





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

